

アスファルト

第37巻 第180号 平成6年8月発行

180

特集・環境を配慮した舗装技術

環境と舗装技術 中村俊行 1

舗装の計画・設計面からの環境への取り組み

中村俊行・桐山孝晴・久保和幸 5

舗装材料からみた環境保全面への取り組み 太田健二 13

環境を配慮したアスファルトプラント 後町知宏・平野治行 22

施工面からの取り組み 稲垣竜興 28

アスファルト舗装技術研究グループ第17回報告 35

混合物の新しい配合設計法—AAMASについて

伊藤達也・佐藤雅規 36

<用語の解説>

バスレーンのカラー舗装 小島逸平 48

貯蔵安定性 青木秀樹 50

<統計資料>石油アスファルト需給統計資料 51

主な石油アスファルト製造用原油の輸入状況 53

ASPHALT

社団法人 日本アスファルト協会
JAPAN ASPHALT ASSOCIATION

環境と舗装技術

中村俊行

建設省土木研究所舗装研究室長

1. はじめに

人間は、誕生して以来350万年の間、常に環境に働きかけ、人間の暮らしに適した環境につくりかえながら生活してきた。しかし、近年、科学技術の進歩により人間の環境に働きかける力が飛躍的に増大するとともに、世界の人口が急速に増加し、都市化が進展する中で様々な環境問題が顕在化している。

これを放置しておけば、生態系のバランスを崩し、人間自身の生活、生存を脅かす恐れがあり、環境に対する人間の責任は、きわめて重大なものになっている。

環境問題の解決をめざすには昨年成立した環境基本法にうたわれているように、「環境への負荷の少ない持続的発展が可能な社会の構築」が必要となっており、人間活動の活力を維持しつつ、良好な環境を創造し、あるいは、保全、再生していくことが求められている。

このような状況のもとで舗装技術を考えてみると、道路技術を支えてきた技術の中でも、とりわけ舗装技術は道路利用者や地域住民の生活と密接に関連し、環境と調和を図りながら多様化、高度化するニーズに積極的に対応してきたといえる。

しかしながら、21世紀をめざした今後の道路整備にあたっては、地球温暖化の防止、省資源・省エネルギー、自然との調和、交通環境および沿道環境の改善、さらには都市景観の整備等良好な環境の創造が求められている。これらに対応するためには、舗装技術においてもこれまで以上に人や自然に優しい技術の開発や、環境保全や景観創造の機能を有する材料および工法の活用が重要になっている。

この際、環境と舗装技術の関わりを二つの視点より考えることが必要である。一つは、舗装によって引き起こされる負の要素についてである。舗装による資源・エネルギーの消費、自然の破壊、舗装工事による工事渋滞、騒音、粉塵の発生等がこれにあたる。これらについては、環境を保全、再生する観点より舗装技術の

開発を考えるべきである。

もう一つは、舗装技術による良好な環境の創造という視点である。そもそも、砂利道からアスファルト、コンクリート系への舗装の進歩により、粉塵の発生を軽減し、自動車交通の快適性と安全性を飛躍的に進展させてきた。さらに、景観舗装による良好な景観の創造、排水性舗装による交通安全、騒音低減への寄与等が例として示すことができる。

環境と舗装技術については、いくつかの切り口からの考察があると思うが、表-1は、環境を地球環境、自然環境、社会環境の3つに大分類し、それぞれをさらに小分類、細分類して対応する舗装技術を示したものである。以下、この表に従い、各舗装技術について概説する。

2. 地球環境と舗装技術

地球規模での環境問題とは、被害、影響が国境を越え、地球規模にまで広がる環境問題、または、先進国をも含めた国際的な取組が必要とされる開発途上国の環境問題とされ、地域の温暖化、オゾン層の破壊、酸性雨、熱帯林の減少、砂漠化等が挙げられている。

ここでは、舗装技術との関わりで、地球温暖化、省資源・省エネルギーをとりあげる。

2.1 地球温暖化

舗装に関する地球温暖化については、二酸化炭素等による温室効果と、いわゆるヒートアイランドの原因の一つといわれている舗装の蓄熱による温度の上昇が考えられる。

温度効果を改善する方策の一つとして、舗装による車両走行の燃費の向上がある。建設省による未舗装道路（砂利道）と舗装道路の路面性状別の車速走行燃費との調査¹⁾では舗装道路では未舗装道路に比べて、大型トラックで約50%、乗用車では約25%燃費が向上することがわかっている。また、舗装道路でも路面性状に

表-1 環境と舗装技術

大分類	小分類	細分類	対応する舗装技術
地球環境	温暖化防止	温室効果ガス	<ul style="list-style-type: none"> ・走行性（平坦性等）の向上による燃費の向上 ・排気ガス（CO₂, NO_x）の削減 ・アスファルトプラントの燃料削減
		路面温度 ヒートアイランド	<ul style="list-style-type: none"> ・明色化による路面温度の低下 ・舗装体温度（エネルギー）の活用 ・保水舗装、熱反射舗装、高伝熱性舗装の開発
	省資源 省エネルギー	発生材の抑制 リサイクル 省エネルギー	<ul style="list-style-type: none"> ・発生材の抑制、再生利用 ・使用材料の抑制、長期の使用 ・リサイクルの促進による省エネルギー ・常温舗装の利用
自然環境	自然に優しい舗装	雨水の還元 自然とマッチした舗装	<ul style="list-style-type: none"> ・透水性舗装等で雨水を地中に還元する ・透水性舗装は路面温度の抑制効果もある ・自然の風合いを持つ舗装 ・土を利用した自然性舗装
	交通環境	車両交通 工事渋滞の緩和 車両大型化 交通量の増大 交通事故 運転しやすい舗装	<ul style="list-style-type: none"> ・舗装の耐久性の向上による補修頻度の低減 ・舗装の耐久性の向上 ・排水性舗装 ・すべり止め舗装 ・バスレーンのカラー化による交通の円滑化 ・路面性状の向上 ・雨天時の水はね、スマーキングの低減 ・視認性の向上 ・すべり抵抗性の高い舗装 ・凍結しにくい舗装
社会環境	歩行者交通 歩行者に優しい舗装	利用者の環境保全	<ul style="list-style-type: none"> ・段差が無くすべりにくい舗装 ・弾力性のある舗装
		沿道環境の保全	<ul style="list-style-type: none"> ・沿道公害（騒音、振動、排気ガス、粉塵等）の抑制 ・舗装工事の迅速化 ・工事の公害対策 ・廃棄物の抑制 ・施工機械の開発
	都市景観	景観舗装	<ul style="list-style-type: none"> ・カラー舗装、自然石舗装

より燃費に差があり、良好な路面性状を維持することにより、燃費の向上がはかれ二酸化炭素等の排出を削減できる。

舗装の蓄熱については、一般に白色系の舗装を採用することにより、路面温度を数度低下させられるとの報告がある。また、排水性舗装では、最高温度はほとんど差がみられないが、ピーク後の低下は通常のアス

コンに比べて速く、内部に空隙を有しているために冷えやすいことが分かっている²⁾。

さらに、舗装の蓄熱の活用や、水の気化熱を利用する保水舗装、熱反射舗装等の技術開発が検討されている。

2.2 省資源・省エネルギー

省資源・省エネルギー対策については、発生材の抑

制、発生材のリサイクル、省エネルギー型材料・工法の採用等が考えられる。

発生材の抑制対策としては、昨年道路局が発表した「道路技術五箇年計画」³⁾に示されている長寿命化舗装が考えられる。これは、舗装の設計期間を従来より長く設定することにより、発生材の削減のみでなく補修費用、工事渋滞の軽減を図るものである。しかし、この長寿命化舗装の実現のためには、舗装構造、設計法、材料の多方面にわたる今後の研究が必要であり、官・民・学をあげて、システム的に取り組む必要がある。

舗装発生材のリサイクルについては、アスコン塊での再利用率が50%を越えており、他の建設廃棄物に比べると高くなっている。さらに、高度のリサイクルとしてアスコンのプラント再生、路上表層再生、路上路盤再生の技術が確立され、実用化されている。今後は、改質アスファルトの再生や、再々生、および他産業の発生材の舗装への利用等について研究を進める必要がある。

省エネルギー型材料、工法については、常温型舗装の検討が行われている。道路舗装に関するエネルギー計算方法については、若干古いが米国アスファルト協会の報告がある⁴⁾。これに基づき、乳剤系常温舗装のエネルギーを試算した例によると、アスファルト系の混合物の場合、碎石製造や運搬のエネルギーに比較してプラントでの加熱の有無の影響がきわめて大きく、加熱混合物に比較して表層の施工で約50%程度の削減という結果が得られている。

ここで、舗装のエネルギー消費を考える場合に、コストと同時に、当初の建設時のエネルギーのみでなく、舗装のライフサイクルでのトータルのエネルギー消費を考慮することが必要がある。

3. 自然環境と舗装技術

自然環境については、地球環境とも一部重複するが、自然環境の保全の観点より、碎石等の自然材料の使用の抑制が考えられる。さらに、舗装と自然とのマッチングを図る観点より、舗装を通して雨水を地中に還元する技術、自然景観や雰囲気に適合した舗装材料や工法がある。ここでは、自然に優しい舗装について取り上げてみる。

3.1 自然にやさしい舗装

1970年代後半より、植生および地中生態系の保護や地下水の涵養から雨水の地下還元を目的としたアスファルト混合物による透水性舗装が施工されている。この種の舗装については、水はねの防止や、総合的な治水対策としても効果もあることから、歩道舗装として広く普及している。しかし、使用される舗装材料が従来からすべり止め舗装等につかわれてきたストレートアスファルトの開粒度アスコンであるため、車道への適用は一般化されなかった。

その後、車道へは排水性舗装が施工されているが、現在の排水性舗装の設計では雨水を地中に還元する効果はない。このため、今後は浸透枠を用いた排水の処理や、路盤材料等を考慮した車道透水性舗装の適用を検討する必要がある。

その他の自然に優しい舗装としては生態系、埴生、水質の保全等の観点より、自然土を利用した舗装や、埴生ブロックを利用した駐車場舗装等の例が挙げられる。

また、路肩を緑化して生態系の連続性を確保したり、不必要的箇所への舗装を行わないなどの新たな発想も必要となってくる。

4. 社会環境と舗装技術

地球環境、自然環境以外を社会環境と考えれば、その範囲は広いが、ここでは交通環境、沿道環境、都市景観の観点より、舗装との関係を考えてみる。

4.1 交通環境の改善

交通環境の改善については、車両交通と歩行者交通に分けられる。車両交通で現在大きな問題となっているのが、幹線道路の工事による渋滞である。この対策としては、前述した長寿命化舗装を含めた、強い舗装が期待されている。交通渋滞による損失を負のコストとして考えれば、ライフサイクルコスト的にも十分に経済的であり、このための設計法の確立、材料の開発等が急がれている。

さらに、交通事故防止の観点からは、雨水の路面への滞留がなく雨天時のすべり抵抗や、ハイドロプレーニング現象の防止、夜間の視認性の改善等に効果のある排水性舗装の適用が期待されている。今後、配合設

計法の確立、機能の持続性、機能回復手法の開発とあわせて排水性舗装による交通事故防止対策の定量的な把握が必要である。

歩行者交通に対しては、歩行者に優しい舗装の開発、適用が求められている。歩行者が感じる良好な歩行性には、路面の適度な弾力性、すべり抵抗性、排水性などがあり、アメニティの要因としては、環境と調和した色彩、造形などが考えられる。これらを満足する材料の施工技術の確立が「道路技術五ヶ年計画」の中でも取り上げられている。

さらに、舗装に視覚障害者への誘導という機能を付加した視覚障害者システム等の試みが行われている。

4.2 沿道環境

沿道環境の保全からは、騒音、振動、粉塵等のいわゆる交通公害を低減する舗装技術が求められている。排水性舗装の騒音低減効果や、強い舗装による振動の軽減が期待されているが、さらに舗装工事による沿道環境の保全にも配慮して、長寿命化舗装の採用、施工機械の低公害化、廃棄物の抑制等も必要になってきている。

4.3 都市景観

良好な都市景観の形成に舗装の果たす役割にも大きなものがある。最近の景観舗装の種類の多様化、施工面積の増加はこれを示しているといえる。さらに今後、新しい材料の開発や、景観舗装の評価手法の確立が必要である。

おわりに

環境と舗装との関わりは、以上述べた以外にも多くの項目が考えられると思うが、環境が人類共有の資産として認識されてきていることから、これまで以上に良好な環境を創造する舗装技術が求められている。

昨年の第20回日本道路会議の座談会でもこのテーマが取り上げられたが、そこでの提案として第一に、環境面から舗装技術を考え、環境への負荷を少なくすること、第二に、透水性舗装、長寿命化舗装等の環境を考慮した舗装技術のさらなる開発とその普及を図ること、第三に、舗装をとりまく環境には道路利用者や沿道住民の立場に加えて、生態系や景観といった幅広い検討が必要なこと等が提起されている。

今後は、環境への検討を抜きにしては舗装技術の方向が見いだせないことを再度認識する必要がある。

—参考文献—

- 1) 安崎裕、片倉弘美、伊佐真秋：舗装の供用性と車両走行費用に関する検討、舗装、25-3、1990.3、P11
- 2) 中村俊行、久保和幸、森修二、：排水性舗装の現況と課題、土木技術資料、35-8、1993.9、P66
- 3) 建設省道路局：道路技術五箇年計画、1993.6
- 4) Energy requirement for roadway pavement : The Asphalt Institute, MISC-75-3



舗装の計画・設計面からの環境への取り組み

中村俊行*
桐山孝晴**
久保和幸***

1.はじめに

舗装技術は道路利用者や地域住民の生活と密接に関連し、環境との調和を図りながら多様化・高度化するニーズに積極的に対応してきた。しかしながら、環境が人類共有の資産として認識されてきていることから、これまで以上に環境を保全し、さらに良好な環境を創造する舗装技術の創造が求められてきている。

環境を地球環境、自然環境、社会環境に分けて見てみると、地球環境からは省エネルギー、CO₂の削減等が必要であり、自然環境からは資源の有効利用や生態系への配慮が求められる。さらに、社会環境からは騒音・振動等の沿道環境の改善、交通安全や快適性等の走行環境や景観への配慮等が課題となる。

一方で、舗装を計画・設計、施工、供用の段階に分けて、それぞれの過程での環境への係わりから、舗装技術からの環境保全や改善を整理することもできる¹⁾。

従来、舗装の計画・設計時においては、交通条件、路床条件、気象条件、材料条件等の検討を行い、環境への影響にも配慮しながらも、主として舗装の耐久性と経済性に重点を置いてきた。しかし、最近では舗装の計画・設計時に、上記のように環境への配慮が不可欠になってきている。

このような観点から、環境型の舗装技術といえる排水性舗装、舗装の再生利用、長寿命化舗装を取り上げて、それぞれの技術の現状を概説するとともに、環境との係わり、今後の課題等について述べるものである。

2.排水性舗装

排水性舗装は、雨天時の車両の歩行安全性の向上と交通騒音の低減を目的とした舗装であり、環境面から見ても車両走行環境と、沿道環境の改善に寄与するものである。その歴史を見てみると、アメリカで1930年代にポーラスアスファルトを用いたすべり止め舗装が

使われている。ヨーロッパ諸国では、ある程度の厚さを持った表層を用いて、主として低騒音舗装として普及してきている。

わが国では1987年に、東京都で道路騒音の低減を主目的に、始めて試験的に施工が行われて以来、着実に施工面積を伸ばしてきている。

ここでは、排水性舗装の現状を述べるとともに、排水性舗装と環境との係わりについて述べるものである。

2.1 排水性舗装の現状

排水性舗装は、平成5年度末ではその施工実績が約100万m²以上程度に達しているものと思われる。このように、排水性舗装は優れた機能性を有し、その施工実績も着実に伸びてきているが、これらの施工はそのほとんどが試験施工という位置づけで行われてきており、本採用には至っていない。その理由としては、配合設計手法、施工方法等が未確立であること、機能の持続性が不確実であり、その回復手法も未確立であることなどがあげられる。

しかしながら、これらの試験舗装の追跡調査や室内試験結果から以下の点が判明してきている。

- ・排水性舗装に用いるバインダーについては、機能の持続性を考慮すると改質II型か排水性用高粘度樹脂入りアスファルトが望ましい。

- ・排水性舗装に用いる粗骨材については、なるべく偏平でないほうが高い機能性が得られ、また、粒径はなるべくそろえることが望ましい。

- ・排水性舗装の耐久性は従来の舗装に比べて特に遜色はなく、混合物の配合に際しては機能性の向上に重点を置いて行うとよい。

- ・目標空隙率20%未満では排水性舗装の機能が供用後早期に失われるケースが多く、混合物の空隙率は20%以上を目標とすることが望ましい。

現在、これらの成果をふまえて日本道路協会で、「排

*なかむら としゆき 建設省土木研究所舗装研究室長

***くぼ かずゆき 建設省土木研究所舗装研究室研究員

**きりやま たかはる 建設省土木研究所舗装研究室研究員

水性舗装技術指針(仮称)」のとりまとめ作業を行っているところである。

2.2 環境から見た排水性舗装

排水性舗装の環境保全・改善への寄与としては、舗装体の蓄熱によるヒートアイランド現象の軽減、自動車騒音の低減、交通事故・水はね等の防止による走行環境の改善等が考えられる。

2.2.1 排水性舗装の温度

建設省土木研究所の舗装走行実験場内で、排水性舗装と比較工区(密粒度)の舗装路面の温度測定を行っている²⁾。この結果を図-1に示すが、ピーク時の路面温度については両者で大きな差はないが、ピーク後の温度の低下は排水性舗装の方が早いことがわかる。

これは、排水性混合物の密度(2.0kg/cm³)が従来の混合物の4/5程度であり、蓄熱量が少ないためと思われる。このために、従来の混合物でいわれていた舗装の蓄熱による夜間温度の上昇という悪影響を緩和する効果が期待できる。

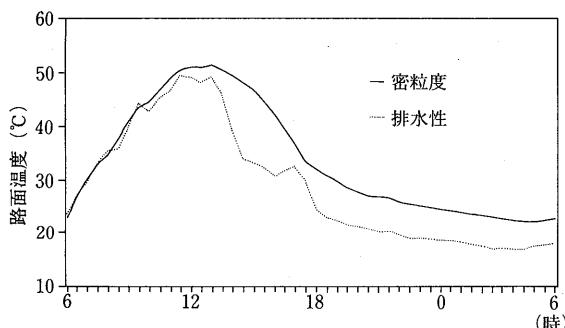


図-1 排水性舗装工区と比較工区の路面温度

さらに、排水性舗装の空隙内の水分を利用して、気化熱によりさらに路面温度の低下を計ることも可能と思われ、この利用も今後検討する必要がある。

2.2.2 騒音低減効果

排水性舗装の主要な機能として、騒音の低減がいわれている。排水性舗装による騒音の低減については、室内試験、試験舗装での調査結果等多くの報告が行われている。それによると、新設時では大部分でオールパスで5~6dB(A)騒音が小さくなること、1kHz以上の高周波領域で効果が大きいこと、低周波領域では逆に排水性舗装の方が騒音のレベルの大きくなることもある等が報告されている³⁾。

建設省土木研究所では試験走路に新設した密粒舗装および空隙率15, 20, 25%の排水性舗装について、乗用車(排気量2000cc)、小型貨物車(積載重量2t)、大

型貨物車(積載重量10t)を用い走行騒音測定を行っている⁴⁾。さらに、排水性舗装の騒音低減要因を明らかにするために、発生騒音をエンジン音とタイヤ音に分け、エンジン音を定常走行と惰性走行時のパワーレベル差、タイヤ音を惰性走行時のパワーレベルと定義して検討を行っている。

定常走行騒音測定から得られたパワーレベルを図-2に示す。これらの試験より以下の結論が得られている。

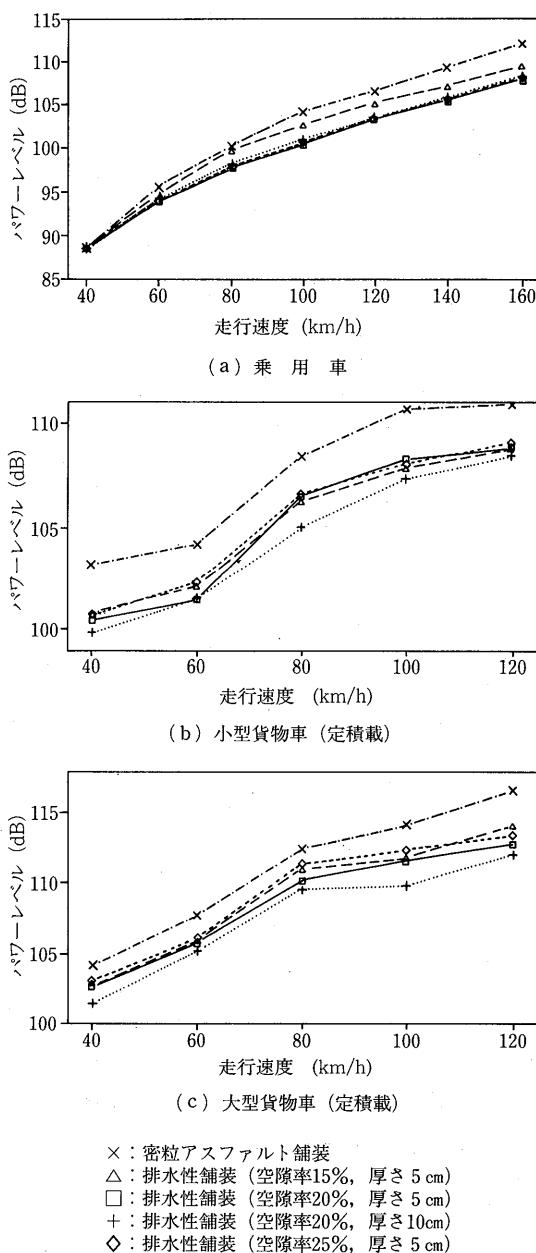


図-2 舗装種別定常走行パワーレベル

・排水性舗装の騒音低減量は、乗用車では0~5dB、小型貨物では2~4dB、大型貨物車(定積載)では2~5dBである。

・排水性舗装の空隙率の違いによる騒音低減量の差はあまり大きくはないが、騒音低減効果を任意の車種に對して期待するには、空隙率は20%程度以上を確保する必要がある。

・吸音効果によるエンジン音は、エネルギーベースで密粒舗装の場合の40~60%に低減する。

・高速度域では、タイヤ音に占めるエアポンピング音の発生量が密粒舗装に比べてかなり小さく、エアポンピング音の低減が大きな騒音低減要因となっている。

また、その他の研究等により排水性舗装の騒音低減効果については、排水性混合物が厚いほど、また骨材の最大粒径が小さいほど大きくなることがわかっている。

しかし、排水性舗装による騒音低減については、その機能の持続性が問題になっている。騒音の低減効果が、舗装の空隙によるとすれば、目つぶれ、目づまりによりその機能が低下すると思われるが、一方で、舗装表面の粗さが騒音の増加に影響を与えていていることも考えられる。排水性舗装の透水機能と比較すると、一般に騒音低減機能の低下が早期に発生している。

騒音低減機能の持続性についても、試験舗装の追跡調査から多くの報告がされているが、持続性にはかなりのばらつきが見られる。初期の排水性舗装では、施工後数カ月で効果がなくなった事例や、積雪地域では機能の低下が速いとの報告もある。

図-3は日本道路公団での調査結果⁵⁾であり、排水性舗装区間と隣接する通常舗装(密粒度舗装)の騒音レベル差の経時変化を示している。測定個所の道路・交通条件、路面性状等によりばらつきは見られるが、施

工直後で平均3.8dBあった差が1年後では1dBに低下している。しかし、中には2年経過後もレベル差2dBを保持している区間もある。

一般的には、透水機能と同様に、空隙率を20%以上確保すること、高粘度のバインダーを用いること等により騒音低減機能の持続性も向上するようである。

2.2.3 交通環境の改善

排水性舗装による交通環境の改善として、交通事故の防止効果があげられる。これは、降雨時に路面の帶水現象が生じにくいため、路面摩擦係数の低下、ハイドロプレーニング現象が抑えられ、スリップ事故の防止となること、および、スマーキングや路面のグレアが生じにくいため視認性の改善が図られることが原因となっている。

雨天時のすべり摩擦係数については、直轄国道の試験舗装について、回転式すべり摩擦測定器を用いて測定した結果を図-4に示す⁶⁾。ここで、摩擦係数は排水性舗装工区のすべり摩擦係数から比較工区の係数を差し引いたものであり、空隙率別に経年変化をまとめている。全体的に、経年により若干下降傾向はあるが、比較工区に比べて良好なすべり抵抗性を示していると

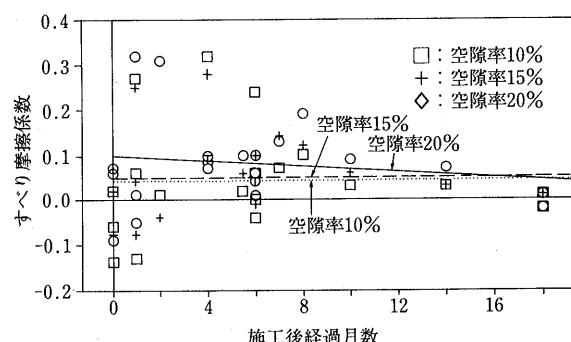


図-4 試験舗装工区における空隙率別すべり摩擦係数

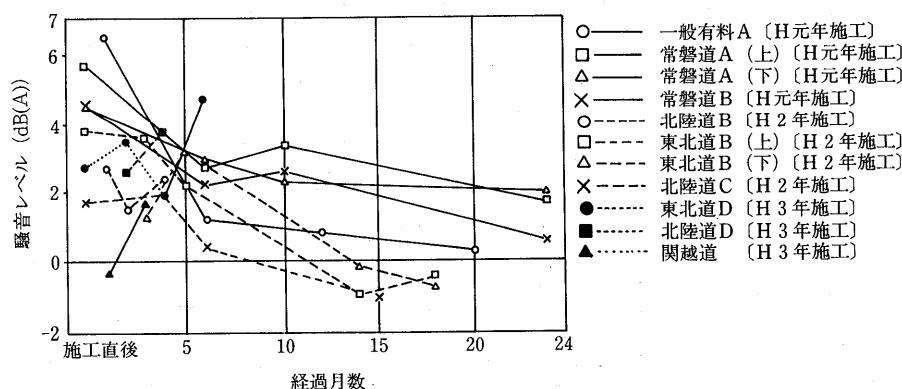


図-3 騒音レベル差の経時変化

いえる。

排水性舗装の視認性については、乾燥状態においては、路面の輝度係数が密粒度アスファルト舗装の6割程度と低いが、湿潤状態では逆に3～4の高い視認性があること、対向車両ランプによるグレア抑制防止に効果があることが報告されている⁷⁾。

高速道路では、雨天時の交通事故の発生は、通常の9倍程度ともいわれており、排水性舗装による上記の交通事故防止効果が期待されているところである。

その他の交通環境の改善としては、歩行者、沿道への水はねの防止がある。「人に優しい舗装」という観点からは重要な環境への寄与といえる。

2.3 排水性舗装の今後の課題

排水性舗装は、以上のように環境の保全・改善に有効な、環境型の舗装といえる。舗装そのものとしての耐久性については、通常の舗装に遜色がないことが認められている。

しかし、機能の持続性を向上させるためには、以下の項目についての検討が必要である。

- ・排水性舗装用混合物の配合設計手法の確立
- ・機能の発生メカニズムの究明
- ・最適なバインダー量、空隙率の選定
- ・機能の効果を考えた施工厚さ、粗骨材種の選定
- ・機能の回復手法の検討および確立

3. 舗装の再生利用

道路工事特に舗装工事では、従来より再生資源の利用について積極的に取り組んできている。舗装自体の再生利用については、1950年頃より研究が始まられ、本格的な技術開発が行われるようになったのは1970年代になってからといわれている。

舗装の再生利用が行われるようになった理由として、舗装ストックの著しい増加による舗装発生材の増大、第一次オイルショックを契機とする省資源、省エネルギーの考え方、再生舗装の経済性等を挙げることができるが、これらは全て、環境への配慮と言ふこともできる。ここでは、舗装の再生利用の現状と、環境面との係りについて述べる。

3.1 舗装の再生利用の現状

舗装の再生利用の技術基準としては、「プラント再生舗装技術指針」(1992)、「路上表層再生工法技術指針(案)」(1988)、「路上再生路盤工法技術指針(案)」(1987)がそれぞれ日本道路協会より刊行され、現在一応の技術の標準かがなされている。

3.1.1 プラント再生工法

プラント再生工法については、昭和50年代の半ばから本格的に実施されるようになり、アスコン総生産量に占める割合を毎年約1%程度伸ばしてきていたが、平成3年に施工された「再生資源の利用の促進に関する法律」の影響により、平成3年にはシェアを大きく伸ばし、約11%となっている。

再生加熱アスファルト混合物を用いた舗装箇所の供用性については、建設省の調査⁸⁾によれば以下の結果が得られている。

- ・再生アスファルトは、新アスファルトに比べて針入度の低下が大きく、また軟化点の上昇も大きい。
- ・全体的な供用性状については、わだち掘れでは新材と再生材で特に明確な違いはない。ひび割れに関しては、新材に比べて再生材のひび割れ発生率はやや高く、ばらつきも大きい傾向がある。
- ・発生材の使用率の違いによる評価では、使用率が高いものは経年的なアスファルトの品質にばらつきがあり、ひび割れ発生率も高くなる傾向がある。
- ・発生材の品質の違いによる評価では、針入度が20程度以下と小さい場合には、ひび割れの発生率が高くなる傾向にある。
- ・再生アスファルト混合物の全体的な評価としては、発生材の品質、使用率等を適切に設定すれば、新材を用いた混合物と同等の供用性が得られる。

これらの結果により、技術指針の1992年改訂版では再生アスファルト混合物のD交通表層への使用制限を解除している。

3.1.2 路上表層再生工法

路上表層再生については、同様に、建設省で1987年に全国19箇所の国道で、延べ65工種の路上表層再生工法に関する試験舗装を実施し、その後3年間にわたって、路面性状および混合物の性状について追跡調査を実施している⁹⁾。その結果は以下のようである。

- ・リミックス、リベース両工法とも切削オーバーレイと同等の供用性を示す。
- ・リミックス工法を基層に適用する場合には粒度の検討が必要である。
- ・既設舗装の状況による、供用性の違いは明確ではない。
- ・再生用添加剤は乳剤系、オイル系で供用性の違いはない。

しかしながら、大規模な施行にメリットがあること、人家連坦地区での施行が難しいこと等により、路上表

層再生工法の施行実績は最近減少してきている。

3.1.3 路上再生路盤工法

本工法は維持修繕工法の中で用いられることが多く、打換え工法の代替工法として適用されている箇所が6割程度ある。添加材料としてはセメント単独あるいはセメントとアスファルト乳剤の併用の箇所が多く、両者以外の添加材料はほとんど使われていない。

アスファルト乳剤協会が行った、セメント・アスファルト乳剤工法の全国51路線での追跡調査¹⁰⁾によれば、本工法を用いた箇所においては、10年間経過した時点で、いずれの箇所においても舗装の供用性は良好であり、維持修繕の必要な状態には至っていない。また、この混合物の等値換算係数は0.65以上の値を示しており、技術指針（案）に記載されている値を満足している。

3.2 環境面からの舗装再生利用

環境面から舗装の再生利用を見ると、発生材を利用することによる、アスファルト、骨材の省資源が考えられる。さらに、この結果省エネルギー、CO₂の抑制にも寄与するものである。

舗装の再生利用のエネルギー消費量およびCO₂排出量については、建設省総プロ「省資源・省エネルギー型国土建設技術の開発」の中で、省エネ工法の一つの事例として計算している。路盤および表層を再生利用した場合に、そこで投入する資材、建設機械の数量を従来工法である舗装打換え工法と比較して、資材、機械の原単位を用いて、それぞれのエネルギー消費量、CO₂排出量を計算している。

再生工法と従来工法のエネルギー消費量およびCO₂排出量の一覧表を表-1に示す。これによれば、路盤および表層の再生工法により、資材のエネルギー消費は0.462と従来工法の半分以下になり、機械、燃料を含めた合計でも0.485と削減率では50%以上となり効果の高いことがわかる。CO₂の削減率も50%以上であり環境負

荷の少ない工法であるといえる。

3.3 舗装の再生利用の今後の課題

舗装の再生利用は、省資源・省エネルギーの面で環境保全に欠かせない工法であるが、今後、更なる利用を進めていくためには以下のようないくつかの課題が残されている。

（1）再生舗装の供用性調査

再生舗装工法については、従来工法と比較して現在までのところ舗装の供用性においては問題がないと考えられている。しかし、今後とも現場での供用性を追跡調査して、総合的に検討評価する必要がある。

（2）再生舗装の再々生

再生舗装の普及にともない、今後一度再生された舗装を再度再生するケースが多くなるものと考えられる。このために、再生舗装の適用限界を明確にして、場合によっては新たな品質基準を設けることも考えられる。

（3）再生工法の品質管理

再生工法の品質管理にあたっては、材料、配合、施工等の面で、材料の不均一性、配合の複雑さなどいくつかの問題点があり、今後とも適切なる品質管理手法の検討が必要である。

（4）新たな再生技術の開発

コンクリート発生材の再生利用等新たな再生技術の開発が必要である。

4. 長寿命化舗装

4.1 長寿命化舗装の概念

長寿命化舗装とは、舗装の耐久力を高め、従来の舗装よりも設計期間を長期にとることで、補修の頻度や内容を軽減することを目的とした舗装である。長寿命化舗装は、従来の舗装と比較して初期建設費は高くつくものの、供用後の費用は安くなり、さらに道路利用者による間接費用等も含めると、ライフサイクルコストは安くなるものと考えられている。さらに環境面か

表-1 従来工法と再生工法におけるエネルギー消費量およびCO₂排出量の算定（例）

項目	エネルギー(kcal)	内運搬分	CO ₂ (C-t)	内運搬分
従来工法	1.80E+09	5.14E+07	1.58E+02	5.51E+00
燃 料	2.35E+07	2.68E+06	1.93E+00	2.33E-01
合 計	1.88E+09	5.42E+07	1.65E+02	5.75E+00
再生工法	8.30E+08(0.462)	5.14E+07 (1.000)	6.76E+01 (0.427)	5.51E+00 (1.000)
燃 料	2.35E+07(1.000)	2.68E+06 (1.000)	1.99E+00 (1.000)	2.33E-01 (1.000)
合 計	9.11E+08(0.485)	5.42E+07 (1.000)	7.46E+01 (0.451)	5.75E+00 (1.000)

らは省資源につながり、また補修工事による工事渋滞、騒音等を減らすことができる。あわせて、構造的に強固な舗装が造られることにより、沿道地域の振動、騒音等も軽減することができる。

長寿命化舗装の実現に向けては、構造面、材料面からのアプローチが必要となるが、具体的には以下のような方法が検討されている。

(1) 従来の設計法の延長による設計期間の長期化

長寿命化舗装では10年を越える設計期間を設定し、その間の交通量を見積ることで舗装構造の強化を図るものである。

しかし、TA法で用いられている設計式はあくまでも設計期間10年を前提としたものであり、これを外挿によって設計期間を延長することの妥当性については、まだ十分に確認されてはいない。長期の供用においては、材料の劣化による影響や表面の機能低下という懸念があり、試験舗装等により確認をすることが必要である。

(2) コンポジット舗装による基層以下の長寿命化

コンポジット舗装とは、表層（場合によっては基層も含む）にアスファルト混合物を用い、直下の層にセメント系の版を用いた舗装である。ここではアスファルト混合物層は機能層として位置づけられているため、機能が低下すれば補修の対象となるが、基層以下は半永久的な耐荷力を持つ構造物として考えられている。

コンポジット舗装は表層については補修が必要であるが、アスファルト混合物層のみの補修であるため工事が容易である。また、基層以下は直接荷重にさらされることがないので長期の耐久性を期待することができ、これらを考え合わせて長寿命化舗装とみなしている。

(3) 新材料の開発による長寿命化

従来から取組まれてきた内容であるが、改質アスファルト等の新材料の開発により、舗装の耐久性を高め、長寿命化を図るものである。

長寿命化舗装は、建設省の「道路技術五箇年計画」の1課題として取り上げられており¹¹⁾、今後、重点的に検討する課題である。

4.2 環境から見た長寿命舗装

長寿命化舗装の環境面からの評価としては、省資源・省エネルギー、補修工事の減少による走行、沿道環境の改善、良好な走行条件による燃費の向上と排出ガスの削減等多くのメリットが考えられる。

ここでは、長寿命化舗装による省資源・省エネルギーについて、(社)日本道路建設業協会でとりまとめている「重交通対応舗装の構造・施工に関する検討(案)」の中より抜粋して紹介する。これは、重交通対応舗装の構造設計と施工等について、路床の構築を前提に、環境、ライフサイクルコスト等から検討したものである。

路床の構築は、設計CBR=3%の現状路床を、セメント安定処理により設計CBR=6, 12, および20%となるように改良することとしている。検討した舗装構造は以下の6ケースである。

ケース1：基準舗装として、D交通、設計期間10年、路床はセメント安定処理。

ケース2：ケース1に対し、粒状路盤部もセメント安定処理。

ケース3：ケース2に対し、設計期間を20年。

ケース4：ケース1に対し、フルデプス舗装。

ケース5：ケース4に対し、設計期間を20年。

ケース6：ケース3に対し、25cm厚のCRC版を用い、表層1層のせたコンポジット舗装。

(1) 省資源について

各ケースの舗装構造について使用材料別の分けて重量換算して比較している。図-5は、路床のCBR(3は未改良、6, 12, 20は路床構築)毎に各ケースの使用数量合計を表している。図-6は、各ケースについて設計CBR=20を基準として、それ以外の設計CBRに対応する使用量を比率で示している。

両図から以下の点が考察される。

・各ケースとも、路床を安定処理して構築することにより、材料使用量を大幅に減ずることができる。(路床のCBRを3から20に改良することにより、ケース1, 2, 3では50%以下の量になる。)

・路盤をセメント安定処理することにより材料使用量

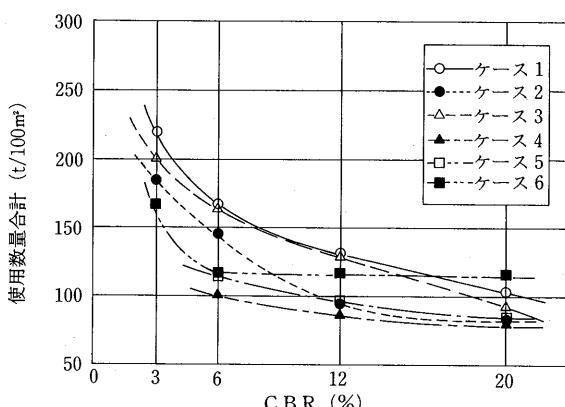


図-5 資材使用数量の比較

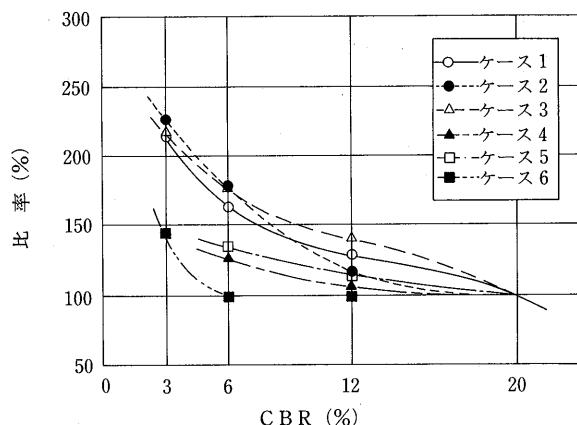


図-6 資材使用数量比率の比較

を10~30%程度減らすことができる。(ケース1と2の比較。)

- ・フルデプス舗装構造にした場合の材料使用量は、粒状路盤材の20~40%, セメント安定処理路盤の2~30%の低減となる。
- ・設計期間を10年から20年にした場合、材料使用量の増加は2~14%程度である。
- ・CRCによるコンポジット舗装の材料使用量は設計期間20年のケース3と比べると、設計CBRが3の場合で20%程度の減少となり、20の場合では反対に20%程度の増加になる。

以上の考察をまとめると、路床、路盤の安定処理やフルデプス舗装は材料使用量を低減させ、省資源化には非常に有効であること、CRCによるコンポジット舗装は、省資源の面からは路床の設計CBRが3未満の軟

弱路床において有効であること等がいえる。

材料使用量を減少させる省資源化は、地球、自然環境の保全対策につながるものであり、また、材料運搬車台数の低減は、工事箇所周辺の環境対策にもつながるものである。

(2) 省エネルギーについて

省エネルギーについても、各ケースの舗装構造について、材料、混合、運搬、舗設別にエネルギー消費量を算定している。これより、舗装構成が同種の場合には設計期間を10年から20年にしても、消費エネルギーは大差ないとの結果が得られている。

消費エネルギーを建設時点のみで考えるのでなく、舗装の供用性を考慮したライフサイクルでとらえると、アスファルト系舗装の設計期間を10年から20年にした場合には、単純計算で消費エネルギーは約半分になり、省エネルギーの効果は大きいといえる。

しかし、セメントやアスファルトのエネルギー原単位がかなり大きく、設計期間を同一にとった場合には路床構築や、路盤の安定処理、コンポジット舗装の省エネルギーの効果は、必ずしも明確ではなかった。今後エネルギー原単位の小さいセメントやアスファルトの開発が必要と思われる。

4.3 今後の課題

長寿命化舗装は以上述べた環境面だけではなく、トータルコスト的にもメリットが大きく、今後、官・民・学が一体となってその開発に取り組むべき課題である。図-7に、長寿命化舗装の開発導入ステップをしめすが、これらの技術の開発と同時に環境面での影響、そ

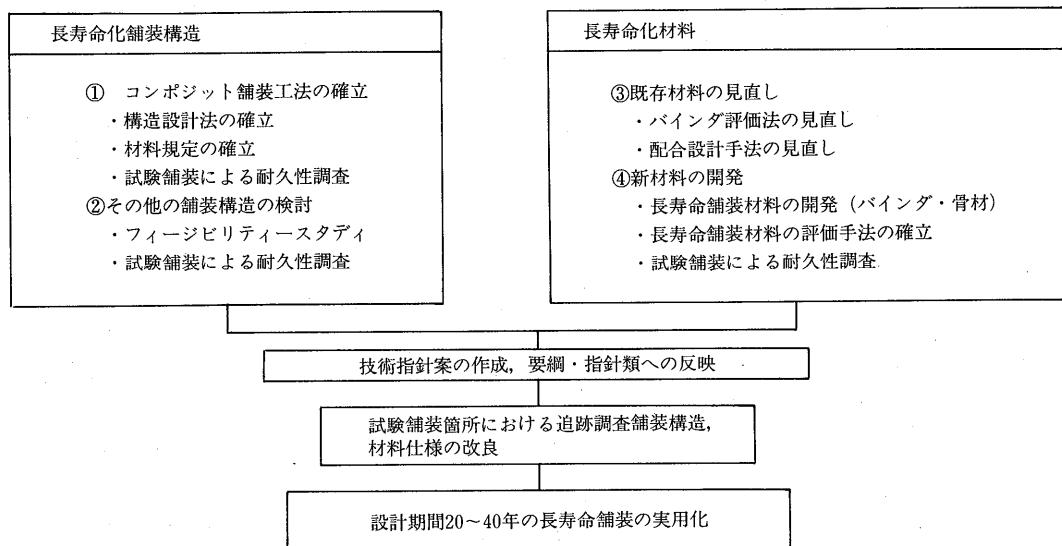


図-7 長寿命舗装の開発導入ステップ

の評価手法等についても検討する必要がある。

おわりに

以上舗装の計画・設計面からの環境への取組として、排水性舗装、舗装の再生利用、長寿命化舗装を取り上げた。その他の舗装についても、計画・設計面で環境

への配慮は不可欠である。さらに、環境と舗装技術の関わりについては、計画・設計だけでなく、施工や維持管理において多くの考慮すべき事項がある。舗装をトータルとして考え、いわゆる「環境に優しい舗装技術」の開発に引き続き積極的に取り組んでいく必要がある。

— 参考文献 —

- 1) 山之口浩：環境保護に役立つ舗装技術（1）。
(2), 道路建設, 1993. 8. 9, 8. 9, P48, P48.62
- 2) 中村俊行, 久保和幸, 森修二：排水性舗装の現況と課題, 土木技術資料, 35-9, 1993. 9, P66
- 3) (社)日本道路協会：「排水性舗装の現状と今後の課題」シンポジウム資料, 1993. 7, P19
- 4) 石田稔, 明嵐政司, 吉田幸信, 新美秀哉：排水性舗装の騒音低減要因について, 土木学会第48回年次学術講演会講演集, 1993. 9, P826
- 5) 鶴窪廣洋：高速道路における排水性舗装の施工, 土木技術, 48-10, 1993. 10, P61
- 6) 建設省：第47回建設省技術研究会道路部門指定課題論文集, 1993. 11, P30
- 7) 藤田晃弘, 帆刈浩三, 富田尚隆：排水性舗装の自動車前照灯による反射特性, 第20回日本道路会議一般論文集, 1993. 10, P690
- 8) 建設省：舗装廃材の再生利用に関する研究, 第39回建設省技術研究会道路部門指定課題論文集, 1985. 1
- 9) 中村俊行：道路建設における再資源の有効利用, (社)日本道路建設業協会「第7回道路技術シンポジウム」資料, 1992. 12, P35
- 10) 中森義雄, 伊藤達也：路上再生セメント・アスファルト乳剤安定処理工法の追跡調査(第3報), 第20回日本道路会議一般論文集, 1993. 10, P932
- 11) 建設省道路局：「道路技術五箇年計画」, 1993. 6

日本アスファルト協会試験方法 JAA-001-1978. 石油アスファルト絶対粘度試験方法

Testing Method for Absolute Viscosity of Asphalt

- | | |
|--------------|-------------------------|
| 1. 適用範囲 | 5-1-1. 粘度計校正用標準液による方法 |
| 2. 試験方法の概要 | 5-1-2. 標準減圧毛管粘度計による方法 |
| 3. 用語の意味 | 6. 試料の準備 |
| 3-1. 絶対粘度 | 7. 操作 |
| 3-2. ニュートン流体 | 8. 計算および報告 |
| 4. 装置 | 9. 精度 |
| 4-1. 粘度計 | 9-1. クリ返し精度 |
| 4-2. 温度計 | 9-2. 再現性 |
| 4-3. 恒温そう | ◆ ◆ |
| 4-4. 減圧装置 | 実費領価 400円 |
| 4-5. 秒時計 | |
| 5. 校正 | 申込先 東京都港区虎ノ門2丁目6番7号 |
| 5-1. 粘度計の校正 | TEL 105 電話 (03)502-3956 |

舗装材料からみた環境保全面への取り組み

太田 健二*

1. はじめに

昨年6月に、「21世紀を目指した新たな可能性への挑戦」として道路技術五箇年計画¹⁾が策定された。本計画では、技術開発の基本的方向として7つの項目を示し、その具現化のためのアクションプログラムが作成されている。

この中の1つである「環境保全・省エネルギー・省資源への新たな挑戦」では、「自然環境との調和を図る技術」のテーマとして生態系に配慮した道路技術（エコロードの普及）、環境にやさしい塗料などが取り上げられている。また、「省エネルギー・省資源のための技術」では、その技術テーマとして、①省エネルギー型道路資材の開発・利用、②アスファルト・コンクリートの再生利用技術、などが設定されている。

本稿では、上記2項目について、国内外での取組み情況を概述する。

2. わが国における取組み

2.1 常温系舗装材料の研究開発の動向

2.1.1 建設省総合技術プロジェクトでの取組み

建設省総合技術開発プロジェクト（以下総プロと略記）では、「省資源・省エネルギー型国土建設技術の開発」の一環として「省資源・省エネルギー型土木工法の開発」の研究に着手している。同プロジェクトでは、各種材料についてエネルギー消費量、CO₂発生量を試算している。これらの結果等を踏まえ、開発すべきものとして、図-1に示す材料・工法が選択されている。

また、省エネ型資材に関する現状調査としては、①

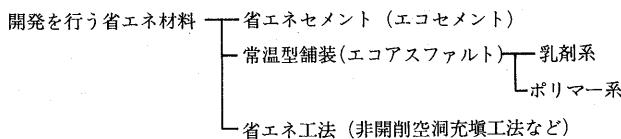


図-1 省エネ材料・工法

乳剤系常温舗装（社）アスファルト乳剤協会）、②ポリマー系常温型舗装（ポリマー舗装材料協会）に関する調査が実施されている。

これらのうち、乳剤系常温型舗装について、混合物の開発目標及び研究のフローを参考までに表-1、2に示す。

表-1 乳剤系常温型舗装用混合物性状の開発目標

			開発目標	適用区分
既存の乳剤工法			・適用区分の整理	歩道 (車道)
高性能 乳 剤 工 法	混合物	通常	・C, D交通対応 ・DS: 1500~3000回/mm	車道
		カラ化	・C, D交通対応 ・DS: 1500~3000回/mm ・即交通開放 ・耐用年数:	
補修				

2.1.2 日本道路公団試験研究所共同研究公募での取組み

日本道路公団試験研究所では、共同研究の公募テーマの1つとして、「表層用バインダー材の研究開発」を取り上げ、特に、「耐久性が高く、かつ常温で舗設または転圧の不要などの高耐久性バインダー材の開発」を基本コンセプトとしている。本テーマは、現在、日本道路公団試験研究所と日本アスファルト乳剤協会・電気化学工業㈱・三菱レイヨン㈱との共同研究の形で実施されている。内容的には、アスファルト乳剤を基材とし、ゴム、エラストマー系ラテックス、アクリル樹脂等との複合化を図り、常温で施工ができる舗装材の研究開発を進めている。

共同研究は、表-3に示すスケジュールで進められているが、現時点では、当初計画に比べその進捗が若干遅れているようである。

2.1.3 その他機関での取組み

(1) 舗装用常温系材料の開発状況

*おおた けんじ 日灘化学工業㈱技術研究所所長

表-2 研究のフロー

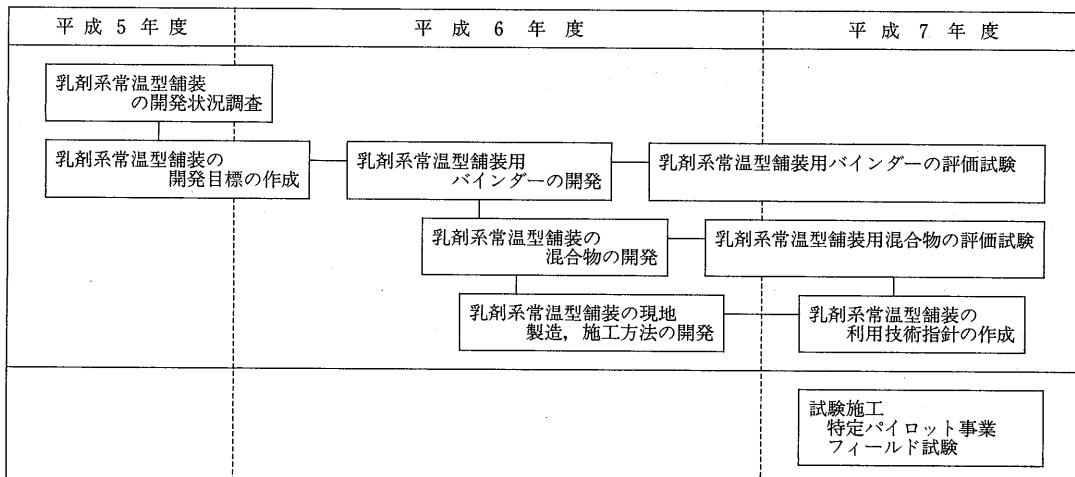


表-3 共同研究スケジュール

項目	年/月	4/7	4/10	5/7	5/12	6/3	6/10	7/3
研究計画策定								
基礎研究			材料・配合試験	耐久性試験				
実用化研究						製造・施工技術の開発	試験施工	
基準要領等の作成								

常温系舗装材料としては、ごく身近で、かつ、古くから使用されてきているものとして、セメントとアスファルト乳剤がある。これらは、省エネ、省資源型の舗装材料として、それが呼ばれる度に話題として取り上げられ、その効果、効用が議論²⁾される。がしかし、いつの間にか、元の席に戻ってしまうのも、また常である。

しかし、最近は、これら材料の組合せ、複合化により今迄にない常温系舗装材料としての研究開発の取組がみられる。これらについて第48回土木学会年次学術講演会及び第20回日本道路会議から抜粋し、以下に紹介する。

1) 舗装用常温複合材料^{3,4)}

本材料は、アスファルト乳剤とセメントを素材とした複合材で、耐流動性に優れた表層および基層用の常温施工型舗装用材料である。当材料の開発目標は、以下の通りである。

①混合物の製造および施工が常温できること

- ②耐流動性に優れていること
(動的安定度 5,000回/mm以上)
- ③収縮ひびわれが発生しにくく、目地が不要であること
- ④5~10cm程度の舗装厚が可能な表層、基層用混合物
- ⑤通常のアスファルト舗装用の舗設機械で施工できること
- ⑥早期に交通開放が可能であること

混合物の製造は、使用するアスファルト乳剤とセメントの特性を最大限に発揮させるため図-2に示す混合方法を採用している。その特徴とするところは、次の通りである。

- ①骨材の分割投入、混合
- ②アスファルト乳剤の添加、混合
- ③アスファルト乳剤分解後のセメントの投入
- ④最適含水比に相当する水の添加

この混合方法をとることにより、骨材全体に均一なア

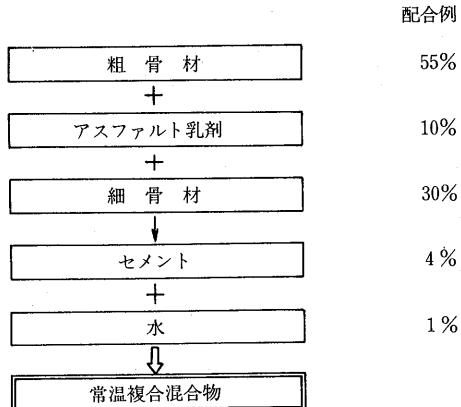


図-2 混合方法と配合比率の一例

アスファルト被膜を形成させ、セメントとアスファルト乳剤との固粒化を防いでいる。このようにして作られた常温複合混合物の構造は図-3、またその性状は表-4に示すものである。

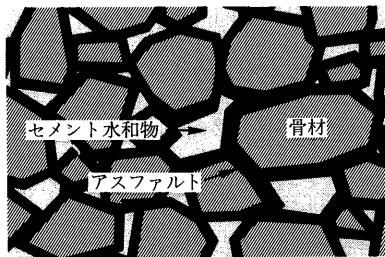


図-3 締固め供試体の構造図

表-4 常温複合混合物の性状

測定項目	試験条件	試験値
マーシャル安定度 フロー値	材令3時間	550 kgf 22 1/100cm
	材令7日	900 kgf 20 1/100cm
動的安定度	材令3時間, 20°C 材令3日, 60°C	50,000 回/mm 18,000 回/mm
曲げ強度 破断時のひずみ	材令14日, 20°C	31 kgf/cm² $4,800 \times 10^{-6}$
乾燥収縮量	材令13週 (JIS A 1129)	300×10^{-6}

この常温複合混合物の現場への適用性⁴⁾についても試みられている。その概要は、以下の通りである。

① 舗装構成

舗装構成は、図-4に示す通りであり、上層路盤には、中央混合式のセメント・アスファルト乳剤安定処理混合物(CAE混合物)を使用し、表層は、改質アスファルト混合物(DS=6,000)とし、コンポジット舗装

の構成となっている。

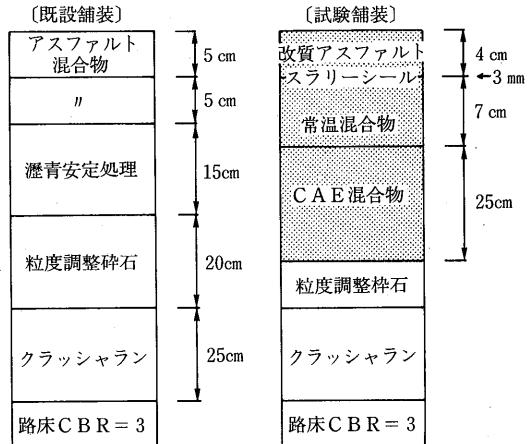


図-4 舗装構成

② 供用性

供用性については、供用後1ヵ年経過後のデータ(表-5、図-5参照)が示されており、耐流動性に優れた舗装として期待されている。

表-5 追跡調査結果

調査項目	既設路面	供用日数			
		9日	28日	4ヶ月	10ヶ月
わだち掘れ量 (mm)	30.0	2.7	4.0	4.4	4.4
ひびわれ率 (%)	6.7	0	0	0.02	0.4
平坦性 (mm)	1.9	—	1.1	1.1	—
たわみ量 (mm)	0.73	0.55	0.49	—	0.49

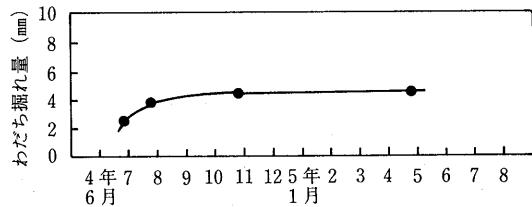


図-5 わだち掘れ量の経時変化

2) 常温排水性舗装用混合物⁵⁾

本材料は、特殊なアスファルト乳剤をバインダーとする排水性舗装用混合物で、混合物の製造から舗装まで全て常温で行うものである。混合物の配合及び性状を表-6、7に示す。これらは、構内における試験施工により施工性、混合物性状等の確認が行われている。今後、現道における適用性の検討が残されており、その成果が期待されている。

3) 混合式半たわみ性舗装⁶⁾

ここでの取組みは、アスファルトで被覆した粗骨材

表-6 材料および混合物配合

使用材料	配合比率 %	備考
6号碎石	78.2	葛生産硬質砂岩
粗目砂	10.4	鬼怒川産
添加剤A	3.4	特殊フィラー
特殊乳剤	8.0	固形分67%

表-7 混合物の物性試験結果（室内）

No.	項目	常温排水性舗装用混合物	加熱排水性舗装用混合物 ²⁾
①	安定度 kgf	1585	620
	フロー値 1/100cm	28	28
②	圧裂強度 (20°C) kgf/cm ²	8.3	8.4
③	損失率 %	10.2	18.1
④	動的安定度 mm/回	15000以上	5000~6000
⑤	剥離率 %	0	0
⑥	すりへり量 cm ³	0.4~0.6	1.0

注) 1: ①マーシャル安定度試験②圧裂試験③カンタプロ試験
④ホイールトラッキング試験

⑤水浸ホイールトラッキング試験⑥ラベリング試験
→は試験法便覧に準ずる

2: 高粘度改質バインダーを使用

とセメント、水等をプラントにて常温で混合し運搬、舗設するという、常温、迅速施工の可能な半たわみ性舗装である。

本混合物の配合は、表-8、10カ年経過後の外観観察結果は表-9に示す通りである。本材料・工法は、一般的の半たわみ性舗装とコンクリート舗装の中間のものと位置付けし、アスファルト再生骨材の利用並びに

表-8 ホワイトアスコンの配合

骨材のTOPサイズ	セメント量	水	アスファルト被覆骨材	添加剤
13cm	11%	5%	83%	1%

表-9 ホワイトアスコン外観観察結果

観察項目	コンテナヤード表面処理無し	コンテナヤード表面処理有り	貨物集積場表面処理有り
骨材飛散	車輪走行箇所、据え切り箇所と思われる部分で多くみられる。	ほとんどみられない。	ほとんどみられない。
ひびわれ	ほとんどの版に4~5m間隔で横ひびわれが、版中央部で縦ひびわれがみられた。	ほとんどの版に4~5m間隔で横ひびわれが、版中央部で縦ひびわれがみられた。	ほとんどの版に4~5m間隔で横ひびわれがみられた。
角欠け	目地の車両走行箇所および据え切り箇所で多くみられた。	目地の車両走行箇所および据え切り箇所でも数箇所程度である	目地の車両走行箇所および据え切り箇所でも数箇所程度である
わだち掘れ	特にめだったわだちはみられない。	特にめだったわだちはみられない。	特にめだったわだちはみられない。

常温混合・施工という観点から省資源、省エネ工法として多くの可能性を期待している。

4) 常温急硬性舗装修材等の開発状況

古くから、アスファルト乳剤を用いた予防的維持工法としてスラリーシールがある。本工法は、乳剤スラリーミキシングの分解、硬化が遅いため、交通開放迄に時間を要したことから、その改良の視点が、より早く、分解硬化することにおかれていた。そして、最近は、より早く、より高品質、より高耐久性へと材料開発が進み、現在はいわゆる「マイクロサーフェイシング」への取組みと変化してきた。参考迄に、一般的なスラリーシールと最近のマイクロサーフェイシングとの違いを表-10に示した。

表-10 スラリーシールとマイクロサーフェイシングの違い

項目	スラリーシール	マイクロサーフェイシング
骨材最大粒径mm	4以下	4以上
1回の施工厚mm	8以下	8~15
バインダ	普通の乳剤	改質乳剤

わが国におけるマイクロサーフェイシングの取組みの一例を昨年の道路会議の論文より抜粋してみると、アスファルト乳剤面では、表-11、図-6に示すように本工法に用いる改質乳剤¹⁾の取組みがみられる。

表-11 改質アスファルト乳剤と従来型乳剤の性状比較

試験項目	規格値※	従来型	改質型
エンゲラ一度 (25°C)	3~40	35	38
ふるい残留分 (% , 1190μm)	0.3以下	0.05	0.05
粒子の電荷	陽 (+)	陽 (+)	陽 (+)
蒸発残留分 (%)	57以上	64.0	67.0
蒸発針入度 (25°C)	60~200	122	100
軟化点 (°C)	43	76
伸度 (15°C, cm)	80以上	120以上	120以上
貯蔵安定度	5以下	2.0	2.0

※規格値は、JIS-K2208 MK-2による

また、工法面からの取組み⁸⁾では、図-7、表-12にみられるような現場適用に係るものがみられる。

さらに、すでに開発・実用化された常温急硬性舗装修材としてパッケージされた種々のパッチング材、レペリング材等が提供されている。

(2) 常温のリサイクル工法での取組み

舗装のリサイクル面での取組みは、多方面で広く実

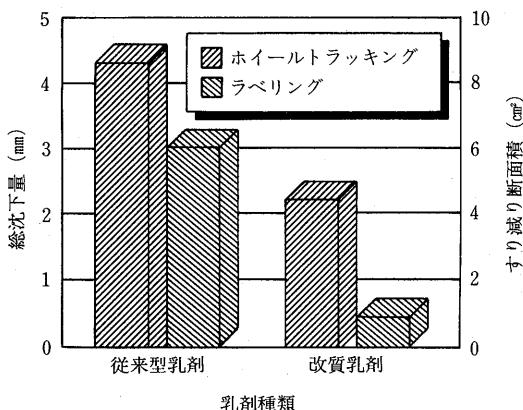


図-6 改質乳剤と従来型乳剤の混合物性状

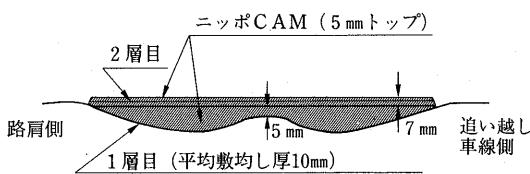


図-7 施工断面図

表-12 路面性状の調査結果

路面性状		ニッポCAM		密粒13FH	
		1週間後	7週間後	2週間後	8週間後
わだち 掘れ量 (mm)	全平均	3.5	4.2	3.4	3.9
	最大値の平均	4.4	6.2	5.2	6.1
すべり 抵抗値	BPN (20°C, wet)	68	62	72	65
	DFテスターの μ_{60}	0.51	0.55	0.55	0.62
平坦性	σ : 車両走行部	0.99	0.97	0.95	0.94

注: μ_{60} はDFテスターで測定した60km/h相当のすべり摩擦係数

施されている。特に、路上再生面については、「セメント・アスファルト乳剤による路上再生路盤工法」として、すでに技術を完成し、約300万m²/年の施工実績を有している。

なお、現在、(社)日本アスファルト乳剤協会では、セメント・アスファルト乳剤による路上再生工法について工法開発を行っている。その他、再生骨材、再生路盤材を利用した乳剤およびセメント・乳剤安定処理工法も単独事業を中心に行なわれている。

2.2 加熱系舗装材料に於ける取組み

(1) 高耐久性排水性舗装用バインダーの開発

(社)日本アスファルト協会材料分科会（以下アス協材

料分科会と略記）では、高耐久性排水性舗装用バインダーの開発を目的に、現在一般的に使用されている高粘度タイプ改質アスファルトに比べ、より高水準のバインダー、特にD交通区分用として、エポキシアスファルトの研究開発に取組んでいる。現在、3種類の開発品について、混合物の製造～舗設に係る諸条件をつめている。アス協材料分科会の開発品は、混合物の製造・施工温度が既存の高粘度バインダーに比べ25~30℃程度低く設定されている。即ち、開発品は、省エネ型でかつ、高耐久性が期待されるものとなっている。なお、開発品は、熱硬化型の材料であるため、混合物の製造・運搬・舗設・交通開放等に係る材料の取扱上の制約があり、アスファルト混合所、施工機械等の面から、今後つめるべき諸課題が残されている。

なお、高耐久性舗装用バインダーに係る取組みは、道路五計の長寿命舗装を受けて、エポキシアスファルトをはじめ、各種の反応性ポリマーによる新規バインダーが散見される。

(2) 改質アスファルトにおける取組み

改質アスファルト業界に於いては、改質II型、高粘度バインダーを中心に施工性の改善をキーワードに、その施工、取扱いに温度を低くおさえるべく取組み中である。特に排水性舗装用の高粘度改質バインダーでは、混合物性状を保持しつつ取扱い、施工温度の低温化の努力がなされている。

2.3 路面標示用塗料に於ける取組み

塗料業界では、地球環境を考慮した「環境にやさしい塗料」の開発が求められている。その背景には、今を溯ること28年前の1966年、米国カルフォルニア州での光化学スモッグ対策として炭化水素排出規制（ルール66）の制定を皮切りに、EPA（米国連邦環境保護庁）によるVOC規制（Volatile Organic Compounds）、ドイツそして1991年11月に国連の「VOCによる広範囲の越境大気汚染にかかる議定書」に21カ国が調印し、各国で規制強化に乗り出したことがある。

表-13は、大気中に排出される世界のVOC量を示したものであり、塗料業界では、揮発性有機化合物を含まない「水性塗料」への転換努力がなされている。

表-13 VOC排出量 (トン/年)

業界	世界のVOC排出量
自動車業界	1,000万
塗料業界	350万
その他の業界	650万
合計	2,000万

一方、わが国における路面標示用塗料の大気中への有機溶剤放出量（1992年度概算）は、図-8に示す通りである。今、これを全量水性塗料に転換したとすれば、ほぼ全量約3,000トン／年が削減されることになる。加えて、副次効果として非危険物となり、かつ使いやすく、安全性の確保が期待される。すでに、道路用水性塗料では、一部メーカーに於いて開発・実用化されており、夜間反射性能面においても改良が加えられている。

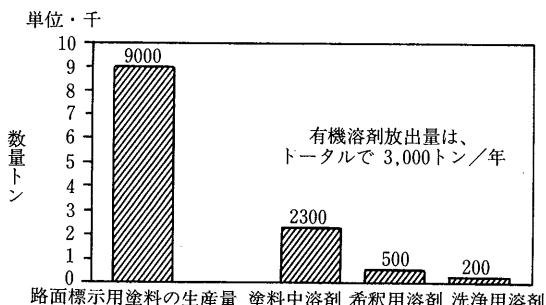


図-8 路面標示用塗料の生産量と溶剂量
(1992年度の概算量)

3. 諸外国における取組み

3.1 エマルジョン世界会議

昨年の10月パリで開催された第1回大会に於いて、環境保全、省資源、省エネルギー対策用の材料として、アスファルト乳剤に対する期待の大きさが感じられた。表-14は、現時点における道路舗装用アスファルト乳剤の使用量並びに同工法と併せてアスファルト乳剤に関する将来見通しを取りまとめたものである。取りまとめに使用したアスファルト乳剤に係る資料は、エマルジョン世界会議の前日に開催された各国のアスファルト乳剤製造者協会での会議録から抜粋したものである。ストレートアスファルトについては、OECDの統計資料を使用した。

ヨーロッパにおけるアスファルト乳剤、特に乳剤の常温混合物に対する関心ごとは、①地球に優しい、②バインダー量が少なくてすむ、③経済的である、④作業が安全である……等々であり、わが国とは、若干周辺の諸条件を異にしている点がある。

一方、アスファルト乳剤工法については、従来から実施されている散布式表面処理が現在でも大々的に採用されており、その機械化も大幅に進んでいる。コールドリサイクリングは、これからといった所で国情の差が感じられた。しかし、フランス、イギリス、ドイツにおいては、すでに考えており、近々本格的に導入

されるものと思われる。

前記したマイクロサーフェイシングについては、表-15に示すようにアメリカ、ドイツ、スペインでの施工実績が突出している。このような世界の動向を踏えて、わが国に於いても、その適用性の可否が検討されている。

表-15 世界のスラリー・シールと表面処理の使用実績
(単位: 1000m²)

国 名		スラリー シール	マイクロ サーフェ イシング	Total
ア フ リ カ	マラウイ	200		200
	南アフリカ	23,000	4,400	27,400
	ザンビア	1,600		1,600
	ジンバブエ	1,800		1,800
計		26,600	4,400	31,000
ア メ リ カ	アルゼンチン	4,000		4,000
	ブラジル	2,000		2,000
	カナダ	2,500	500	3,000
	メキシコ	5,000		5,000
アメリカ合衆国		120,000	40,000	160,000
計		133,500	40,500	174,000
ア ジ ア ・ 中 東	中国	1,000		1,000
	インドネシア		200	200
	日本	200	50	250
	マレーシア	800	10	810
	中東	15,000		15,000
	アバール	100		100
	韓国	1,000	350	1,350
	スリランカ	100		100
	台湾	300		300
	タイ	2,800	500	3,300
計		21,300	1,110	22,410
ヨ ー ロ ッ パ	チェコスロバキア	10,000		10,000
	デンマーク	500	1,000	1,500
	フィンランド	220		220
	フランス		7,000	7,000
	ドイツ		15,000	15,000
	ギリシャ	450		450
	アイルランド	30	170	200
	イタリア		1,000	1,000
	オランダ	3,500		3,500
	ノルウェー	80	20	100
計		26,450	37,970	64,420
オ セ ア ニ ア	オーストラリア	600	1,600	2,200
	ニュージーランド	150	60	210
計		750	1,660	2,410
合 計		208,600	85,640	294,240

表-14 諸外国のアスファルト乳剤生産量（1993・10、第1回世界乳剤会議）

国名	アスファルト乳剤 (1992年度 千トン)	アスファルト乳剤用途別構成比 (%)						代表的な乳剤工法	将来見通し
		表面処理	アスファルト (1991年度 千トン)	アスファルト・タック	スラリー	常温 (コールド リサイクル リサイクリング) 20	リサイクル その他		
アメリカ	3200	26944	60	—	20	—	(コールド リサイクル リサイクリング) 20	・散布式表面処理、スライクリー ング	・常温、OGEM、MAC, ・ボリマーマー改質乳剤による扩 版新乳化システムによる製品 開発
フランス	1200	3074	○	○	○	○	—	・散布式表面処理（1層式、 2層式） ・グレーヴ乳剤混合物 ・常温混合物	・常温、OGEM、MAC, ・ボリマーマー改質乳剤による扩 版新乳化システムによる製品 開発
スペイン	440	1948	60	12	6	15	2	・常温混合物（2級道路の中 基層） ・OGEM（SBRラテック ス添加、ファイバー） ・スラリー（M.A.C）	・OGEMとスラリー 併用 ・ボリマーマーの他ファイバーの 定理
アラジル	350 〔420 1993年度推定〕	—	—	—	—	14	1	・ブライム・タック ・路上再生路盤工法	—
日本	335	5944	—	85	—	—	—	・一度原点に戻り、常温舗装 材・工法としてのチャレンジ が望まれる	—
イギリス	200	2514	70	—	30	—	—	・散布式表面処理（ラックド イン工法） ・イサイクル、タックコート ・スラリー（M.A.C）	・過去30年の技術を今までシ 将來に向け再チャレンジ
ドイツ	168	2780	75	15	10	—	—	・散布式表面処理（M.A.C） ・コールドリサイクリング	・スラリー（M.A.C） ・コールドリサイクリング
メキシコ	167	400	—	—	スラリー 他 50	50	—	・フランクスアスファルトに よる表面処理 ・乳剤常温混合物	・フランクスアスファルトを 乳剤に置換させる
南アフリカ	120	—	—	—	40	—	—	・スラリー ・一般とM.A.C ・グラッジール	・路上再生工法 ・ボリマーマー改質アスファルト 乳剤の活用
オーストラリア	80	607	—	—	スラリ ーと バッジ 90	—	10	—	—
全世界	12000	—	—	—	—	—	—	—	—

3.2 フィンランドにおける低温舗装工法

フィンランドでは、古くから「アスファルト+オイル」をバインダーとするオイルドグラベル工法を軽交通道路に適用してきた。しかし、前記したVOCに係る国連議定書の調印に伴ない、環境保全の立場から、その見直しが求められていた。

北極圏に近いロバニエミ市にあるカロチコネ社では、これらへの対応として、アスファルト乳剤による低温舗装システムを開発している。

本工法は、昨年5月10日付日刊工業新聞で「低温法・北欧で普及」という見出しで紹介されている。

図-9は、現在使用しているオイルドアスファルト(10%オイル含有)をアスファルト乳剤に変えることにより、有機質揮発物が4,300トン削減されるイメージ図である。したがってアスファルト乳剤のメリットとして①自然にやさしい、②早期に強度が発現する、③舗装の品質が改善される、④バインダー量が削減できる、⑤経済的である、⑥碎石の使用量が削減できる、そして⑦作業が安全である……の7項目を上げ、国の協力を得て、アスファルト乳剤による低温化舗装に取組んでいる。

そのシステムの一例を図-10に示す。図のMX-45システムは、移動・組立式のアスファルト乳剤による常温～半加熱混合物の製造装置である。半加熱混合物は、過熱した蒸気により骨材を40～70℃位迄加温し、各バ

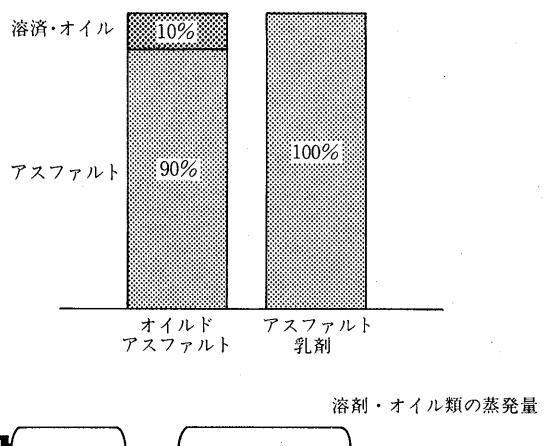


図-9 フィンランドにおける脱溶剂化の一例

ッチごとに1回の使用量を、その都度、コンピュータ制御により製造されるカチオン乳剤を添加し製造される。したがって、混合物からは透明な水が出てくる。この様な方式で舗装する路線は交通量により全くの常温か、または半加熱混合物を使用するかを決めている。

4. おわりに

舗装材料を中心に国内外での本号特集、課題に関連のある取組みの一例を紹介させていただいた。いろいろな取組み、開発に当っては、その技術の評価が大切

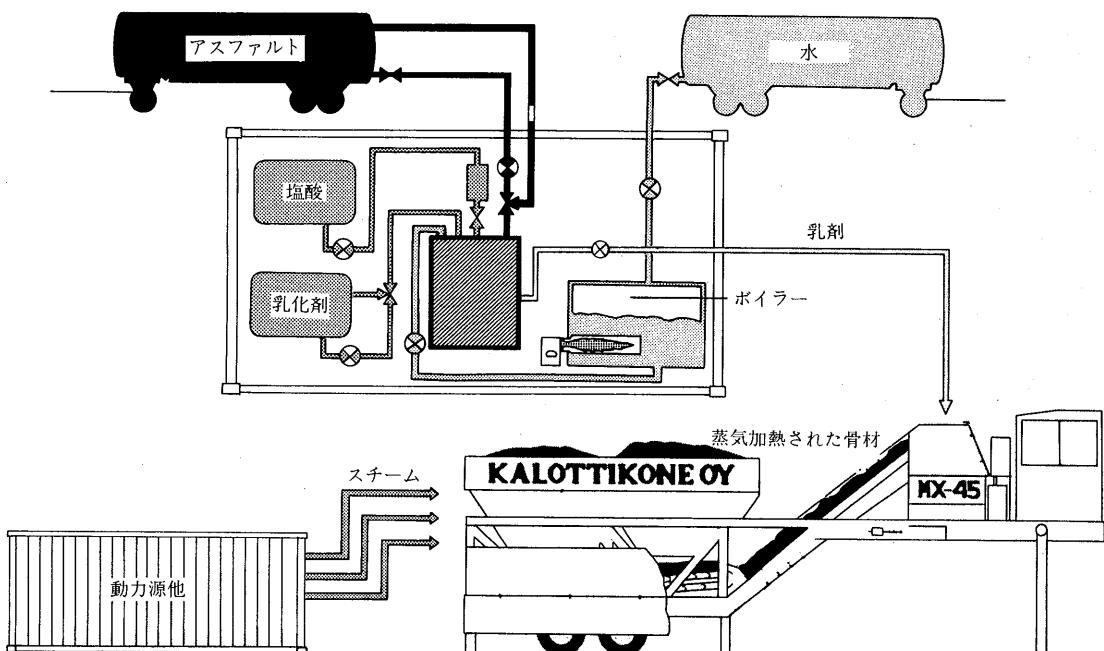


図-10 アスファルト乳剤による低温舗装システム

である。例えば、省資源、省エネルギーに対する評価の基本は「一作用単位当たりのエネルギーであり、資源」であろう。いずれにせよ、技術の評価に当っては、大きな知恵をとぎ澄ますことが大切である。

21世紀を目前にし各方面で大きな転換期を迎えていく。建設省では、「よいものを」「豊かな環境を創造し

つつ」、「効率よく安全に」をキーワードとした社会資本の整備目標を掲げている。舗装界に於いても、地球と、社会と、環境との共生が求められている。そして、これらの課題の解決は、やはり「技術によるブレークスルー」であろう。今がその時である。

参考文献

- 1) 建設省道路局：道路技術五箇年計画、1993.6.
 - 2) 太田健二：舗装、建設図書、1994.3. p.1
 - 3) 阿部頼政、中野錦一、太田健二：土木学会第84回年次学術講演会講演概要集、第5部、1993.9. p.894.
 - 4) 佐藤大三、渡辺一男、田口克也：第20回日本道路会議一般論文集 1993.10. p.772.
 - 5) 伊藤亮、鎌田義秋、鈴木とおる：第20回日本道
- 路会議一般論文集、1993.10. p.722.
 - 6) 中原大磯、野田悦郎、坂口陸男：第20回日本道路会議一般論文集、1993.10. p.790.
 - 7) 森久保道生、尾本志展、齊藤徹：第20回日本道路会議一般論文集、1993.10. p.838.
 - 8) 羽梁圭一、尾本志展、石正和夫：第20回日本道路会議一般論文集、1993.10. p.840.

フルデプス・アスファルト舗装設計施工指針（案）

B5版 42ページ 実費額800円（送料は実費）・申込先 (社)日本アスファルト協会

〒105 東京都港区虎ノ門2-6-7

路床の上のすべての層にアスファルト混合物を用いたフルデプス・アスファルト舗装は、昭和40年代半ばから積極的な試みとして市街地道路を中心にシックリフト工法により施工され、実施例は数十例に及んでいます。

フルデプス舗装は、舗装厚が薄く、工種が单一化されることから、工期が非常に制約される箇所等に適用して有効であるが、またアスファルト舗装の修繕に伴って発生する舗装廃材の利用方法の一つとして、フルデプス舗装の路盤への再生加熱アスファルト混合物の利用が考えられ、省資源の観点から今後普及する可能性も大きい。

本指針（案）を、フルデプス舗装の設計施工に従事する関係者必読の書としておすすめします。

目次

1. 総 説	3—4 アスファルト混合物
1—1 フルデプス・アスファルト舗装の定義	4. 路床および路盤
1—2 適用範囲	4—1 概 説
2. 構造の設計	4—2 路 床
2—1 舗装の構造	4—3 路 盤
2—2 設計の方法	5. 表層および基層
2—3 排 水	6. 品質管理および検査
3. 材 料	6—1 概 説
3—1 概 説	6—2 出来形および品質の管理
3—2 漆青材料	6—3 検 査
3—3 骨 材	7. 記 錄

環境を配慮したアスファルトプラント

後町知宏*
平野治行**

1.はじめに

一昨年6月、リオデジャネイロで開催された地球環境会議において地球規模での環境問題が討議され、よりグローバルな視点で環境問題に取り組む気運が高まっている。

我が国でも近年環境問題に対応した各種の技術開発が進み、建設技術全般、とりわけ舗装技術における技術開発は顕著である。

舗装用アスファルト混合物（以下アスコンという）を製造するアスファルトプラント、リサイクルプラント（以下両者をプラントといふ）は、アスコンの製造過程で、ばい塵、粉塵、Nox、Sox、臭気などの大気汚染や騒音、振動などの環境汚染が発生する。

従来は、こうした公害の規制値をいかにクリアするか処理装置等の開発と改良が行われてきたが、最近では、規制値以下であれば良いという考え方から、さらに地域環境を配慮し、規制値を大巾に下まわる処理装置等を備えると共にアメニティを考慮した地域共存ともいるべき外観をもつプラントも出現している。こうした新しいプラントは、作業環境や安全も同時に改善したものとなっている。

本稿では、このような、環境を配慮したプラントの実例を紹介することにより、今後の方向も展望することとした。

2. 大気を汚さないプラント

プラントの乾燥、加熱装置には一般にロータリードライヤが採用されている。この熱源として従来から重油が主として使用され、これにともないNox、Soxが発生する。その発生量を少なくするため、B重油からA重油さらに灯油へと硫黄分の少ない、すなわちSox発生が少ないものへと移行し都市部では都市ガス、LNGを使用しているところが多くなっている。Noxもこうした

*ごちょうともひろ 日本舗道㈱総合技術部部長
**ひらのはるゆき ㈱新潟鉄工所建設機械事業部
技術営業部長

燃料変換と燃焼方式の改善によって大巾に排出量を少なくすることができた。

次にドライヤで発生するばい塵については、集塵装置としてバグフィルタ（濾過集塵機）が一般化し、大気放出排ガス中のばい塵濃度は規制値の10分の1までに低下されている。

リサイクルプラントの集塵装置として従来から湿式集塵機（スクラバ）が使われていたが、これをバグフィルタに代えることが普及してきた。バージンプラント用のものより通過風速を20~25%遅くし、適正な1次付着層を形成させ粘着性ダストに対する処置をすることによりバグフィルタ処理が可能となった。

リサイクルプラントでは、ばい塵の他にブルースモーク、臭気が発生し、この対策として電気集塵機や脱臭炉を設備したところもある。

この他多段洗浄スクラバ（消臭剤添加）や活性炭吸着法などが知られているが実用化は数例にすぎない。

ブルースモーク、臭気の発生原因はリサイクルドライヤにおいて再生材料中の微粒分（アスファルトモルタル）が、高温熱風によってアスファルト分が気化したり燃焼することが主因となっている。

これを解決するものとして数年前二重ドラムドライヤ（DMD）が開発され（図-1）相当数の普及をみていく。

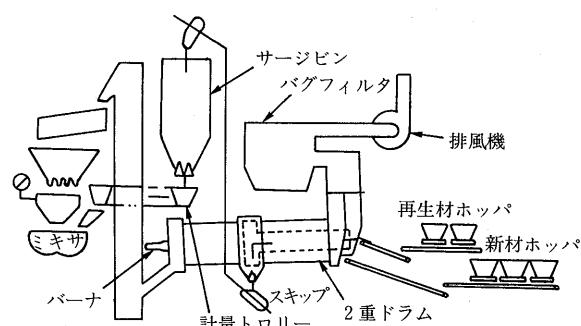


図-1 二重ドラムドライヤ（DMD）フロー例

一方アメリカでは、州政府の厳しい規制値をクリアする為ダブルバレルドライヤ (図-2 ASTEC社) や、ブルースモークの発生しない温度 (100~110°C) まで従来のドライヤで乾燥加熱し、それ以降の加熱をマイクロウエーブ (電子レンジ) で行うものも実現している(CYCLEAN社)。この新方式は、従来のドライヤの概念を超えた画期的なもので新世纪技術として注目されている。

ここでは今後採用が増えると見られている脱臭炉方式のリサイクルプラントの実例を紹介する。

2.1 脱臭炉方式リサイクルプラント

一般にどんな臭気も 650°C 以上で、0.3秒以上熱風に晒されると酸化し99%以上脱臭できるとされている。また白金触媒を使用することにより300°C 前後でも脱臭することも知られている。

実例では脱臭炉出口温度700°C、脱臭時間0.6秒を採った。測定では臭気濃度規制1000に対し50~100という実績が出ている。この方式のフローを図-3に外形を写真-1にしめす。

2.1.1 脱臭炉

炉材の主要部分にセラミックスファイバを採用し、

被脱臭ガスは分散され燃焼ガスと充分接触させる工夫がされている。さらに脱臭効果をあげるため炉中央部にチェックブロックと呼ぶ厚肉陶管を設けている。バーナコントロールは、脱臭炉出口ガス温度の設定による自動制御としている。

2.1.2 ドライヤ

再生材等の乾燥加熱は基本的には、脱臭炉からの燃焼ガスで行うが運転開始時等の熱量不足を補う為ドライヤには補助バーナが設けられている。温度コントロールは、ドライヤ出口混合物温度（設定）による風調弁開度の自動制御方式としている。

2.1.3 集塵装置

重力沈降式（ノックアウトボックス）で、ガス速度は 1 m/s 以下となる様大断面積とし、上部には、ステンレス製のデミスターを設けケーシングは保温外装している。煙突から出るばい塵濃度は新材15%混入で0.1g/Nm³が測定されている。

2.1.4 热交換器

本プラントには 2 基の熱交換器を設けている。No.1 はドライヤからの有臭ガスを脱臭炉に入る前に加熱 (400~450°C) するもので No.2 は脱臭炉バーナ燃焼用空

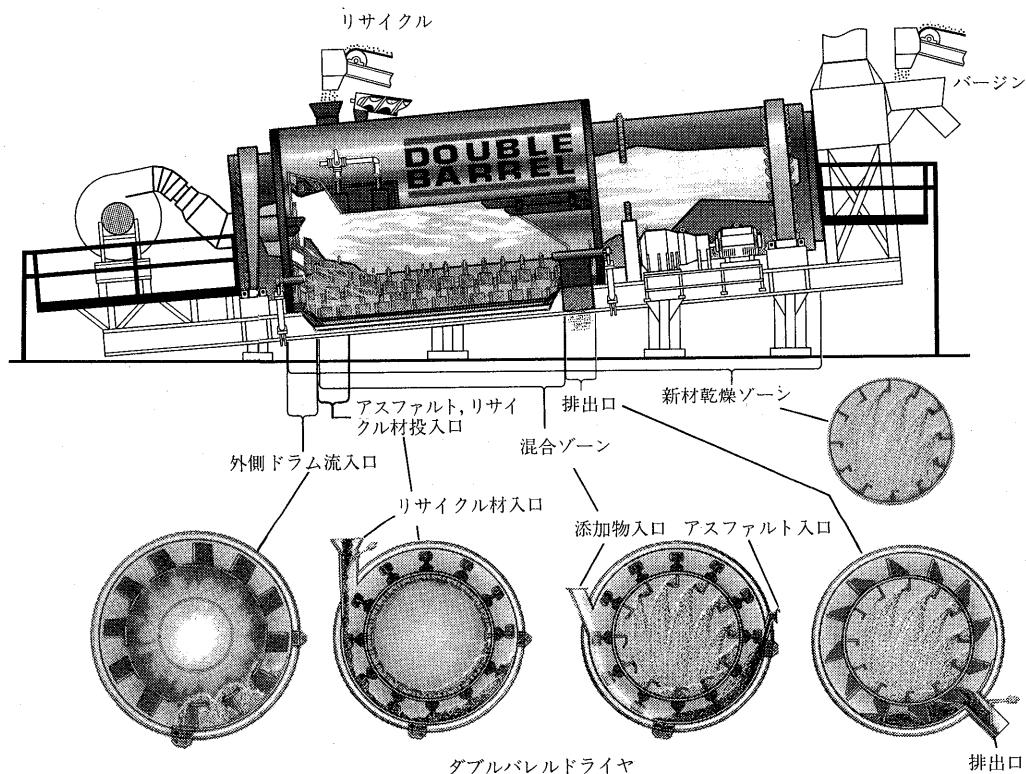


図-2 ダブルバレルドライヤ

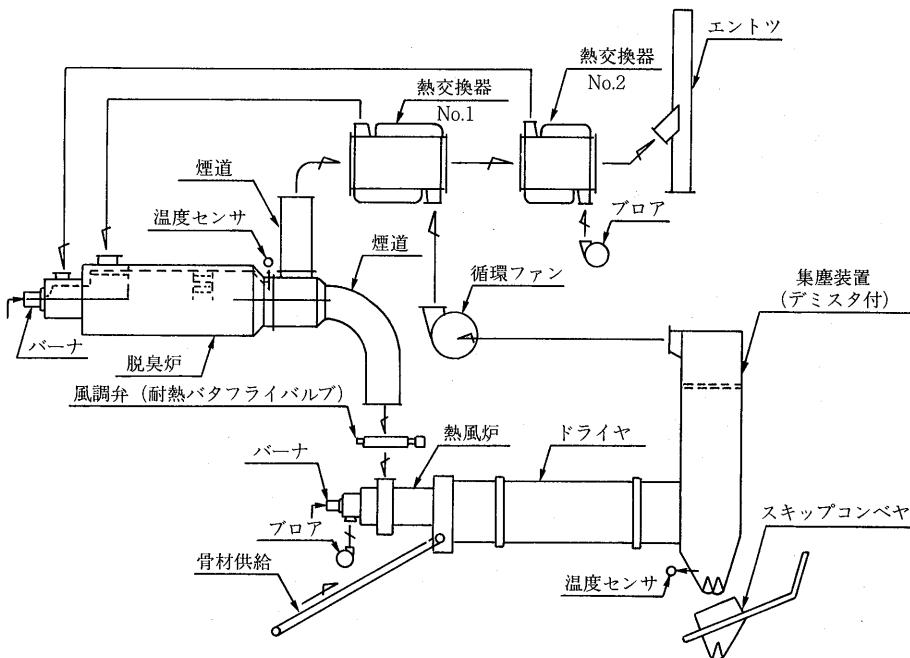


図-3 臭気対策形リサイクルプラントフロー例

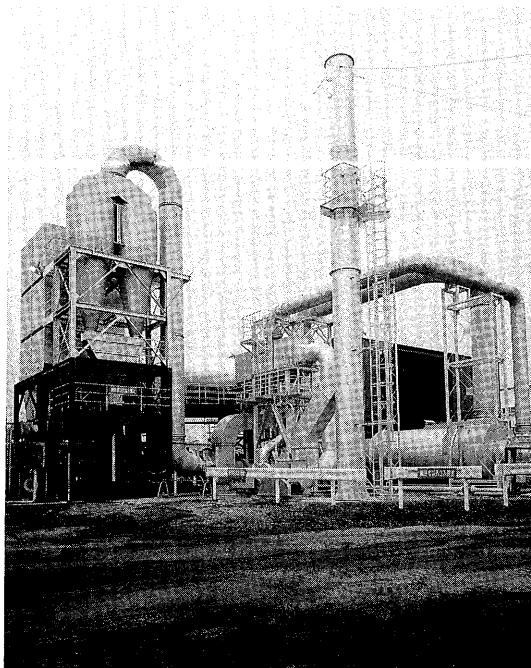


写真-1 脱臭炉方法リサイクルプラント

気を加熱（250°C前後）するものである。

熱交換器による排熱回収によりトータルの燃費は、従来のリサイクルプラントに比べ20%程度のUPにとどまった。

3. 静かなプラント

プラントを構成している各装置、機器の騒音対策は近年飛躍的に進み、現在では、プラントから出る騒音そのものが無くなりつつある。代って合材工場としての騒音、とりわけ出入荷ダンプトラックやショベルロード等の問題がクローズアップされてきている。

3.1 プラントの騒音対策

3.1.1 バーナ

従来、プラント騒音源の一つであったオイルバーナは、騒音の大きい空気噴霧（エアアトマイズ）方式が、オイル高圧アトマイズ方式に代り、送風機の低圧化とあいまって低騒音化が実現し、燃焼音を確認できないほどのものもある。さらにバーナ、ドライヤ全体を建屋内に収納し、有効な遮音材、吸音材により遮熱と防塵を兼ね美観も考慮したものへと進んできている。

3.1.2 サイレンサ

プラントで使用しているエアシリング切换弁の排気音を消すサイレンサは、はやくから実施されている。煙突からの排風機騒音対策として排風機出口にサイレンサを設けることも一般化している。

排風機騒音は低周波であることから、サイレンサの構造、吸音材には工夫が必要で、排風機そのものの騒音対策としてインペラ形状やケーシングインシュレーションに工夫をしたものもある。

3.1.3 エアコンプレッサ

従来多く使われていたレシプロ式のエアコンプレッサがパッケージ形のスクリュコンプレッサに代ってきている。レシプロ式のものもボックス収納式のものが実用され、よほど近くでないと運転中であることがわからぬ程度の低騒音化が実現している。

3.1.4 スクリーンとホットビン

保温と遮熱を兼ねて遮音（断熱、吸音）材でホットビンを外装するものが多くなってきた。

3.1.5 建屋とカバー

ホットエレベータ、スクリーン、ホットビン、計量装置、ミキサ等で構成されているプラントのミキシングタワー全体を美観を考慮して、各種防音（遮音）材や、一般建築用外装材で囲うことが都市部を中心に多くとり入れられてきた（写真-2）。またプラント全体を建屋内に収納したもの（写真-3）や、狭い土地を有効利用する為に高層化したもの（写真-4）などが実現している。

3.2 合材工場の騒音対策

3.2.1 ノンスピーカ

合材工場内には、出荷ダンプトラックが数台から10数台待機していてそれらへの案内はスピーカで行っている。これが近隣への騒音となることから、この合材積載案内を電光掲示板とした例もある（写真-5）。出荷順序、製品種類などをコンピュータコントロールし、本電光板と同じものが運転手控室のCRTに写し出さ

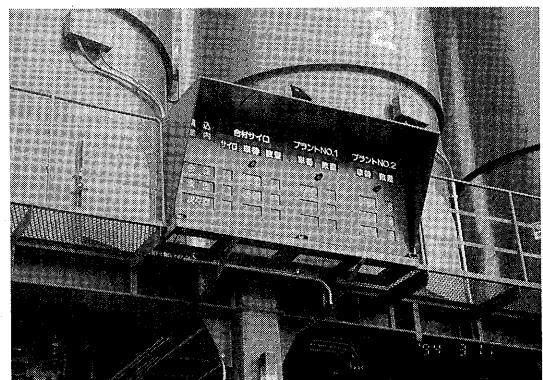


写真-5 出荷案内電光掲示板

れ、順番どおり待機でき安全で、出荷がスムーズとなり運転手に好評である。

3.2.2 ダンプトラック、ショベルローダ

近い将来ダンプトラックそのものの低騒音化が実現するものと思われる（建設省 アーバントラック）。また既に都市形バックフォーやアスファルトフィニシャなど重機の低騒音化は一般化しておりショベルローダも順次低騒音化したものに変わらるであろう。

ショベルローダでの単純、繰りかえし作業を低減する為、大型化して走行回数を少なくすることと、エアコン付キャビンも普及してきている。この他コンピュータコントロールによるショベルローダの無人運転も実用化されている。

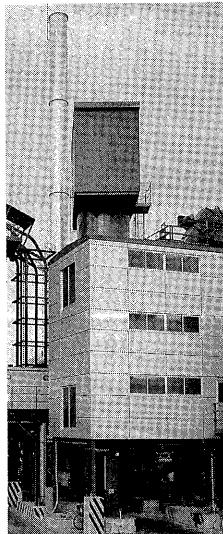


写真-2 ミキシングタワー外装

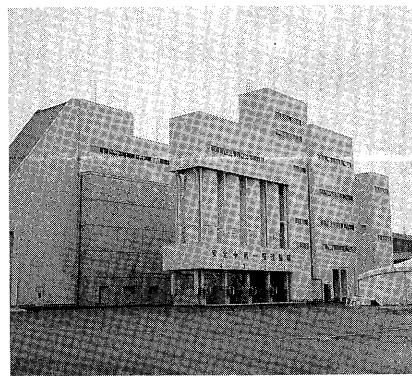


写真-3 建屋収納アスファルトプラント

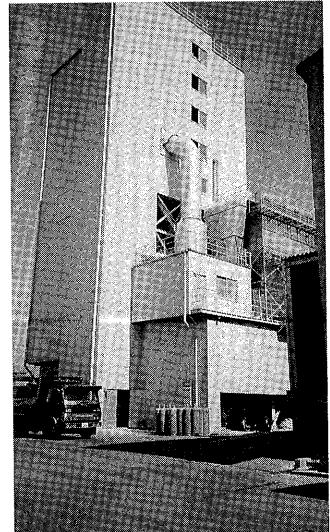


写真-4 立体化したアスファルトプラント

4. ほこりのないプラント

プラントの粉塵対策は、作業環境の改善と安全対策を兼ねて実施され、プラントからは、一切ほこりを発生させないことが徹底されてきた。とくに都市形とかファクトリー化プラントと呼ぶものはプラントと工場からの発塵を無くしたものと位置づけられている。

4.1 プラントの粉塵対策

4.1.1 ヤード、ホッパ方式からサイロ方式への転換

省人、省エネ（ショベルローダ無し）騒音対策を兼ねるサイロ方式は從来、敷地が狭くヤードスペースがないところや粉塵問題、ショベルローダ騒音問題の対策として（仕方なく）採用されていた。その理由は骨材の排出が最下部であることからどうしても高含水となり乾燥燃費が高くなることがある。これを改善したコンクリートサイロが実現している。この方式はコルゲートサイロより防音の面で優れているうえ、水分も從来サイロより1.5~2%少なくなることが実証されている。さらにサイロ下部構造が全面受圧であることから杭打ち等の土工費も低減できた（図-4）。

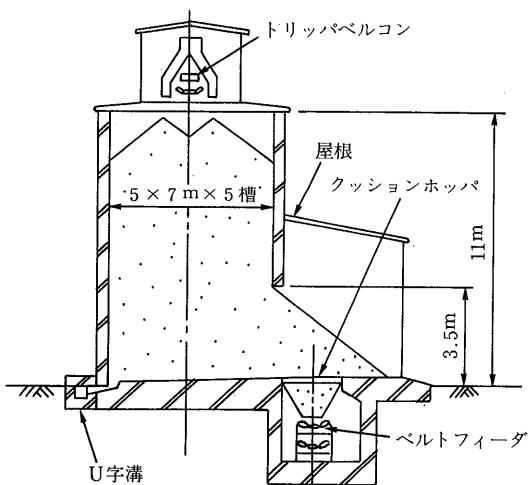


図-4 高含水対策形コンクリートサイロ

サイロ方式では入荷ダンプトラックの受け入れがホッパ1ヶ所とすることができるので、このホッパ部を建屋内に収納し、騒音と粉塵をシャットしたところもある（図-5）。

4.1.2 ベルトコンベアの粉塵対策

ベルトコンベアのカバーは、既に一般化している。さらに完全とする為全体をパイプケーシングに収納するタイプのものも採用してきた。

ベルトコンベアの乗り継ぎ部での発塵を簡易バグフィルタで局所集塵している例も多くなってきた（図-6）。

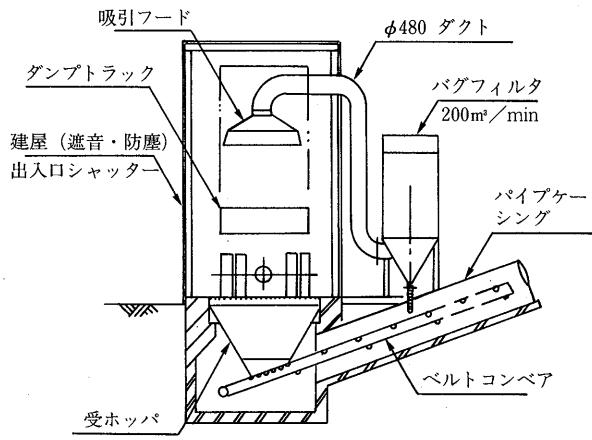


図-5 入荷ダンプ防塵建屋

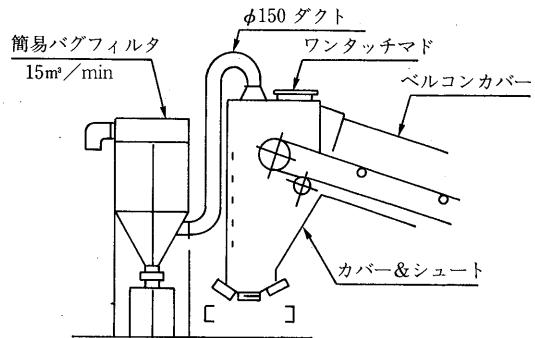


図-6 ベルトコンベア乗り継ぎ防塵対策例

4.1.3 ホットビン残量抜き粉塵対策

終業時等ホットビン残量抜き作業を無くそうと、大容量ホットビンの導入が最近多くなってきた。ビンの容量、区分も、あらゆる配合に対応できる様にして保温の他ヒータを設けているところもある（図-7）。

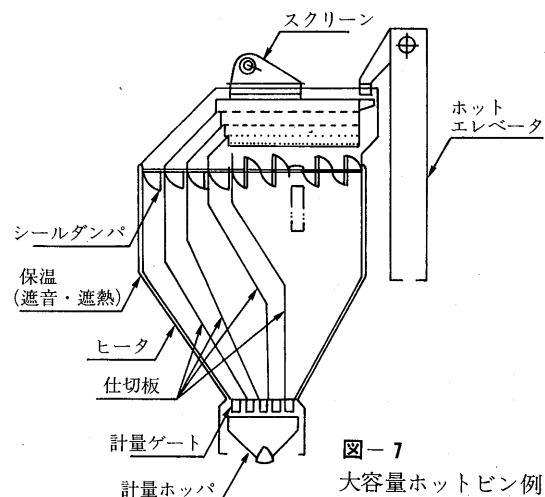


図-7
大容量ホットビン例

また残量抜き時の発塵をプラントのバグフィルタ経由で大風量吸入することも行われている（図-8）。

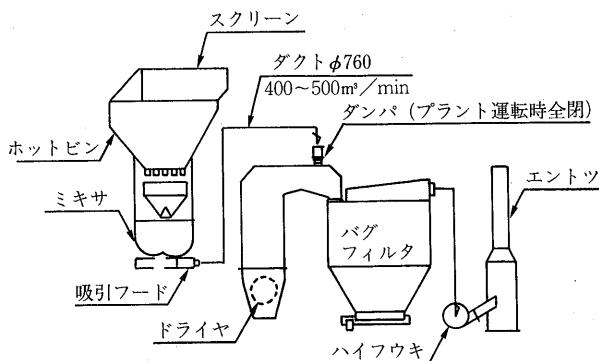


図-8 ホットビン残量抜き粉塵対策フロー例

4.1.4 オーバフロー粉塵対策

従来オーバフローはシュートでそのまま排出していたが、ビンを設け1時貯蔵することが一般化している。このビンからショベルローダに排出する時の発塵を無くすため密閉コンベアを設けホットエレベータへ少しずつ供給するシステムを採用しているところもある(図-9)。

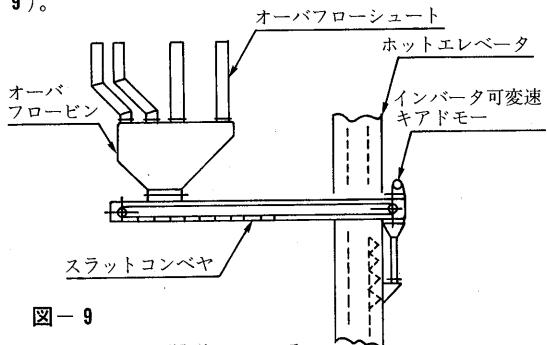


図-9
オーバフロー還元コンベア

4.2 合材工場の粉塵対策

4.2.1 ヤード建屋

降雨による骨材水分アップを防ぐ目的の屋根だけのものからダンプトラック、ショベルローダ出入口以外を囲い、強風等による粉塵発生を抑えているところもある。また投入ホッパの屋根とカバーも一般化し、さらにショベルローダの運行区域を含めて全体を建屋内に収納することも計画されている。こうした対策は同時に騒音対策ともなるので今後採用が増えると思われる。

4.2.2 塀、緑地帯、樹木

騒音対策と兼ねて高い塀を設けているところもあるが、コンクリートや鉄製など環境とマッチしないことから、美観を考慮したフェンスと緑地帯を設け、常緑樹を植え、四季の花などを栽培して、地域景観に違和感を与えない工夫をしているところが多くなってきた。

都市部では全敷地の25%以上を緑地帯とすることが義務づけられていることから特殊な敷石ブロックに芝生を植え、そこを駐車場とすることも行われている。

5. その他

大気汚染、騒音、粉塵に関しプラントと合材工場では以上の様な対策がとられているが、最近同一敷地内にアスコンのクラッキング設備やコンクリート再生設備などが併設されることが多くなってきた。クラッキングにともなう騒音、粉塵対策は、地下式、建屋収納、局所、全体集塵などが行われている。振動対策としては、ゴムパット、スプリング、エアー、油圧ダンパ等の防振、制振装置を設ける他、敷地境界に振動波を遮断する側溝を設けることも行われている。

こうしたクラッキング設備は、従来の骨材生産機械であるジョークラッシャやインパクトクラッシャ、スクリーンなどを適用しているものが多く、どちらかと言えば前近代的なものとなっている。

アスコン用として開発されている解碎機や、温水、蒸気による解碎システムの改良、さらには油圧による静かな解碎、夾雜物除去などの新しい分級装置の開発など、環境を配慮した装置、機器の出現がのぞまれている。

6. おわりに

環境に配慮しつづけることは、我々舗装に係わる者に限らず全ての人々の当然の責務であり常に環境保全を最優先とする視点と姿勢が必要であろう。

今から80年前オルテガ(1883-1955スペインの哲学者)が云った箴言を持つこと、持ち続けることが、今求められている。

「私とは、私と私の環境である。私がもし私の環境を救わなければ、私自身救われないことになる」

参考文献

- 1) 後町、平野「アスファルトプラントの新しい方向と事例」舗装 88年9月号
- 2) 山辺、五十畠「立体化したアスファルト混合所」〃 90年7月号
- 3) 西尾「アスファルトプラントのファクトリー化」建設機械 93年10月号
- 4) 吉野「最近のアスファルトプラント」〃
- 5) 環境機器活用事典—大気汚染防止の技術と機器—悪臭防止技術

施工面からの取り組み

稻垣竜興*

1. はじめに

舗装の施工面から見た環境とは何か、また環境に対して何処まで配慮すべきかと言った面は、まだ十分議論し尽くされていないテーマであり、今後施工面での開発・改良を加える場合でもこれらの課題について十分な議論を行い、整理していくことが必要である。

本報文では、特に環境への配慮としての工法と施工面から取り組まれている具体事例を示す。

2. 施工面から見た環境

一般に言う環境の大きな分類と舗装に関連するキーワード例を示すと図-1に示すものがある。

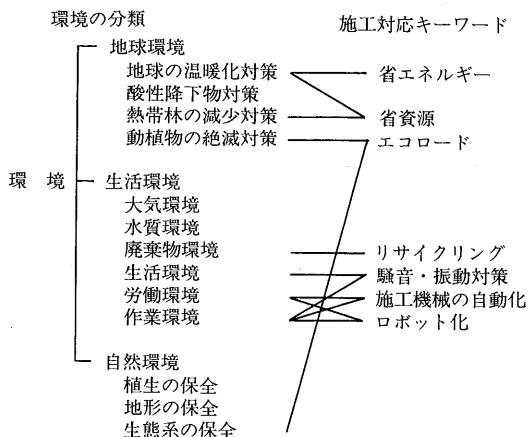


図-1 環境の分類と舗装のキーワード

施工とは、設計された構築物を、設計思想に合致した形で具体化する手段と方法であることから、一般に設計思想を具体化するための仕様が決められており、仕様に示される品質を担保する事が求められる。したがって、地球環境や自然環境などへの主たる配慮は設計段階で行われるべきであり、施工面から環境を考えるとき、施工の過程で発生する環境への負荷を軽減する事が主眼となる。

そう言ったことから、地球環境保全の面では省エネルギー、社会環境保全の面では施工の自動化についてどのように取り組まれているかを以下に示す。

3. 省エネルギー・省資源に対する取り組み

3.1 リサイクリングシステム

舗装の分野では早くから省資源対策として、アスファルト合材のリサイクリングシステムを開発してきている。路上表層再生工法やリサイクリングプラントなど既に基準類も整備されている現状であり、詳細は省くが、今後さらに拡大の方向にある。

図-2¹⁾は、今までに行われたリサイクリングプラントにおける再生合材製造の経緯である。

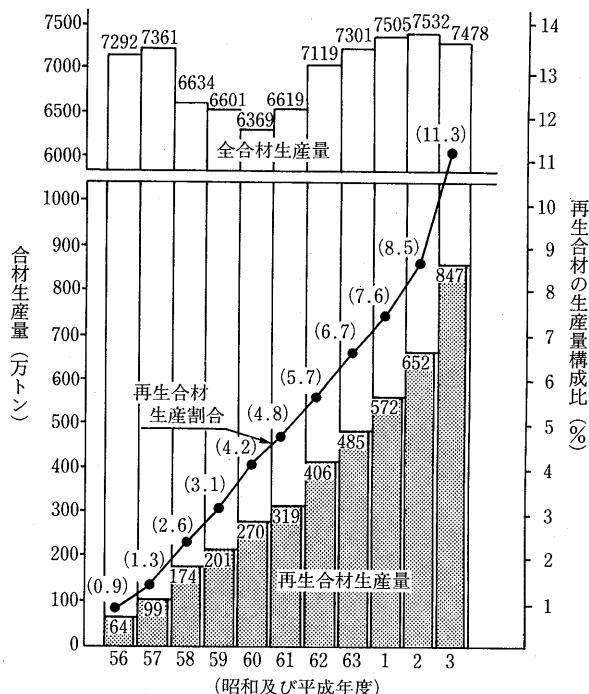


図-2 全国合材総生産量、再生合材生産量とその構成比

*いながき たつおき 世紀東急工業㈱技術部長

さらに建設省で取り組もうとしている、西暦2000年を目処としたリサイクリング目標（リサイクルプラン21）では表-1²⁾の様に示されている。

これらは、再生混合物の品質を確保するための技術の裏付けが有ってのことであり、施工上のノウハウも十分培われてきているものである。一方でさらに向上した品質が求められ、さらに未解決の課題も抱えており、すでに開発等着手されてはいるが、早急に解決すべき課題として以下のものが上げられている。

- ① 再々生アスファルト混合物の品質の確認
- ② 重交通対応の再生改質アスファルト混合物の開発
- ③ 路上表層再生工法の品質の安定化と高度化
- ④ 製造・施工過程での振動、騒音、臭気等の軽減化
- ⑤ 有機溶剤を用いない品質管理方法の開発

表-1 建設副産物の再利用率等の目標

種類	平成2年度	将来目標(2000年)	備考
建設廃棄物全体	42%	80%	
アスファルト・コンクリート塊	50%	90%	
コンクリート塊	48%	90%	この他、10%程度の現場内利用を促進する。
建設汚泥	21%	35%	20%程度の減量化を含む。この他5%程度の現場内利用を促進する
建設混合副産物	31%	50%	25%程度の減量化を含む。この他30%程度の発生抑制を促進する。
建設発生木材	56%	90%	
建設発生土	36%	70%	この他3%程度の搬出抑制を促進する。

- <注> 1. 各地方の目標値から定めたものである。
 2. アスファルト・コンクリート塊、コンクリート塊等の指定副産物については、使用品質基準に適合するものを対象に目標を定めている。
 3. 建設汚泥、建設混合副産物は減量化を含む率である。
 4. 建設発生木材はリサイクル施設への搬出率である。
 5. 建設発生土は公共工事等での建設発生土の利用率である。

3.2 天然エネルギーの利用

寒冷地の道路融雪技術では、省力化、省資源・省工

エネルギーおよび環境保全対策として、近年太陽熱や地熱の利用が行われるようになってきている。直接舗装工法とは結びつかないが、寒冷地での舗装の機能に附加価値を与えるものとしての代表的な事例を表-2³⁾に示す。

これらの天然エネルギーは、舗装路面の凍結抑制工法への適用も検討されており、今後の成果が期待される。

4. 自動化による品質の安定と作業環境の改善

建設業における機械化施工は、作業の効率化や構築物の品質の安定化の面だけでなく、危険や苦渋作業から作業員を開放するといった作業環境面からも強い要請があり、最近は殆どが機械化施工によっているといつても過言ではない。

しかし機械化施工もその施工効率は運転者の技量によって大きく左右され、最近のように技能運転者の恒常的な不足状態では、機械化施工というだけでは設計の意図する構築物が安定して供給できる環境ではなくなってきている。

この様な状況から、機械を自動的に制御して目的とする品質の構築物を少人数で施工するといった方向の検討がなされてきている。

以下に舗装に関する最近の自動化の事例と、作業環境を定量的に評価する手法の事例を示す。

4.1 施工機械の自動化

4.1.1 最近の舗装機械の自動化

社会資本の充実とともに維持修繕用の機械が多く開発されるようになってきたが、時代の趨勢から機能面での高度化のみならず多くの施工機械が自動化を伴っている。それらの事例を表-3⁴⁾に示す。

4.1.2 路上表層再生（リミックス）工法の自動化

サーフェースリサイクリング（リミックス工法）の施工に当たって、路面の加熱温度や添加剤の添加量等の一連の品質管理の内、特に作業員の熟練度だけでは制御しきれない部分として搔きほぐした既設材料に対する添加剤や合材の供給量がある。既設路面は凹凸等による変化があり、一定の状態に無いことから、実際の搔きほぐし量は把握しにくい状況にある。したがつ

表-2 主な省エネルギー型道路融雪技術の概要

名称	特徴	概念図
浅層地中熱利用方式	夏期に舗装体を集熱器にして太陽熱を集め、循環水によりその熱を地中に輸送し、蓄熱を行い、冬期の除雪時に放熱し除雪を行ふ方式で、地下水を使用しないため、地盤沈下等の心配がなく、地下水の無い地域でも除雪が可能である。	
ヒートポンプ方式	地下水からの熱エネルギーとヒートポンプ動力エネルギーとの合計を融雪エネルギーとして使用でき、かつ循環水の温度を高く設定出来るため除雪強度の大きい箇所で対応可能である。	
浅層帯水層蓄熱方式	不凍液を媒体とし、夏期に集熱器で太陽熱を集めポンプにより井戸内の熱交換器へ熱を供給し、透水係数の小さな地下水を媒体として井戸周辺の碎石等に蓄熱させ、冬期に井戸内の熱交換器から採熱し融雪部に不凍液を循環させ融雪を行ふ方式で、地下水が浅く、地下水流速の遅い地域に適している。	

て、搔きほぐした材料に対する配合設計上の添加剤量や新規合材量を適切に供給するには、自動制御システムによることが望ましい。

具体的な事例としては、図-3、4、5⁵⁾に示すシステムがある。これは事前に路面の形状を自動計測し、配合設計による添加剤等の配合比率とともにコンピュータに登録しておき、そのデータを基に添加量を制御する方法で、舗装施工における自動制御システムとしては初期のものである。

4.1.3 アスファルトフィニッシャのロボット化

アスファルト舗装工事は、機械化施工といえども、

アスファルトフィニッシャ周りにスコップマン、レーキマンといった10人近い作業員が配置され、さらにフィニッシャの運転員も走行、レベルコントロールにそれぞれ1名を配置する労働集約型の施工体制となっている。

一方で若年労働者の減少や労働人口の高齢化、さらには3Kといわれる労働環境への批判などがあり、早急に環境整備を行う必要がある。そういった中で対応策の一つとして官民協同（建設省東北技術事務所、先端建設技術センター、日本舗道㈱、鹿島道路㈱、大林道路㈱、世紀東急工業㈱、大成ロテック㈱、日本道路

表-3 最近の維持修繕用機械の事例

工種分類	機械・工法等	特徴・環境への効果等
準備・補助作業	ラバコーンの設置、回収装置 舗装の強制冷却工法	①交通規制の合理化、迅速化⇒安全、省力化 ②アスファルト舗装の早期冷却⇒渋滞軽減等
切削・掘削・破碎工法	ウォータージェット工法 大型切削機 無旋回バックホーショベル 打撃式路面切削	①高压水による構造物、舗装等の破碎、切削 ⇒無振動、無粉塵、低騒音 ②切削深拡大⇒低公害、施工量拡大、安全性 ③掘削材をコンベアで後方へ運搬、積み込み ⇒安全性、掘削効率向上 ④打撃による切削⇒平坦性回復、線状溝解消
アスファルト舗装機械	多機能・全自動フィニッシャ	①各種自動コントロールによる舗装厚さ、運転操作等の自動化 ⇒ワンマン化、精度向上
コンクリート舗装機械	薄層オーバーレイ、床版増厚 骨材露出工法 スリップフォーム工法	①機構の簡素化、高度化⇒施工精度品質向上 ②遮断材散布、骨材露出⇒滑り抵抗値の確保 無型枠によるコンクリート成形施工
転圧機械	水平振動ローラ 垂直振動ローラ 締め固め管理工法	①接地面における振動を水平方向⇒表面平滑 ②2本の偏心軸同調、水平方向のみの振動 ⇒深層部まで高い締めめ効果 ③転圧回数表示、R I 密度計・コンパクションメータ搭載等 ⇒締め度のリアルタイム管理
再生工法	中抜き、アンダーカット工法 バッチ式リミキサ ミニリミキサ	①余分な路盤、路床材の抜取り⇒計画高調整 ②新・旧材、添加剤の計量混合⇒品質安定化 超小型路上再生機⇒部分的の再生、迅速施工
操作機能の改善	ワイヤレスコントローラ	①デジタルコード方式採用による誤動作防止 ⇒作業の安全性、効率化
特殊な機能対応	排水性舗装の機能回復 半たわみ性舗装	①ウォータージェット、吸引による目詰り物除去 ⇒排水機能の回復 ②セメントグラウトの製造自動化⇒多量供給・品質安定化 ③グラウトの供給、敷均しフィニッシャ ⇒省力化、施工の均一化
既設舗装の評価	FWD 路面性状診断・計測機	①既設舗装の舗装構造の診断⇒非破壊調査 ②高速走行での路面の形状、粗さ、平坦性等計測 ⇒総合的診断、面的な広がり

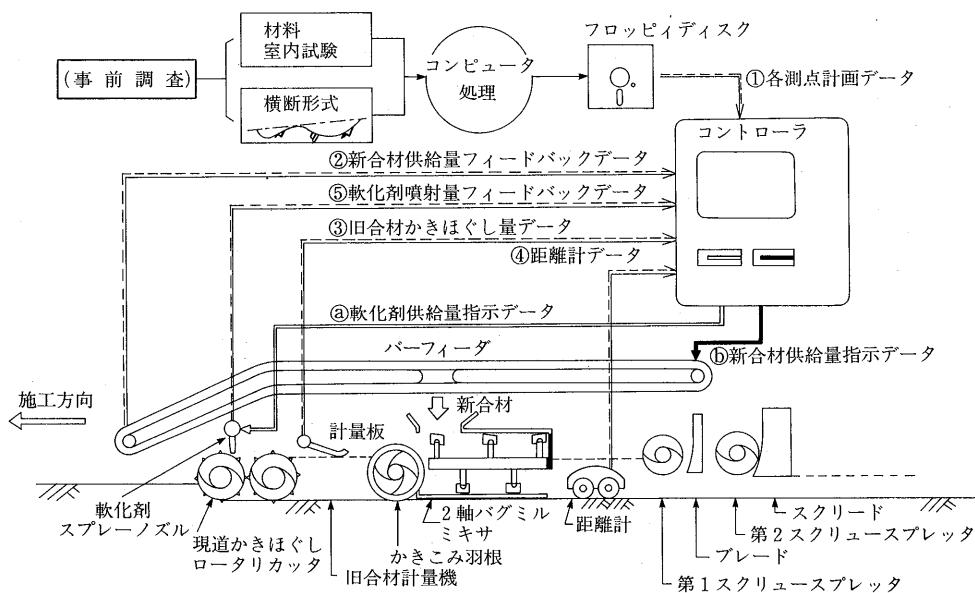


図-3 リミキサコントロール機構図

コンピュータによる制御の流れ 周辺センサ及び機器・機能

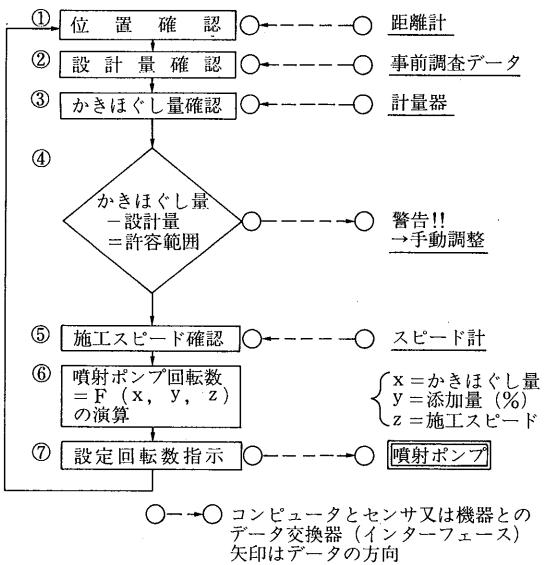


図-4 軟化剤添加システム

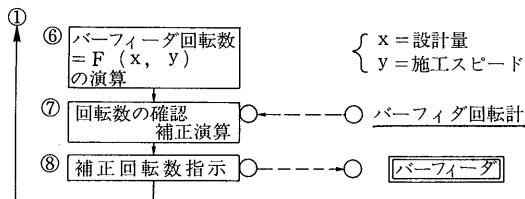


図-5 新合材添加システム

No	自動装置名
1	アスファルト混合物の自動供給装置 ① 混合物量検知用センサ
2	舗装厚の自動管理・自動制御装置 ② 自動制御用センサ ③ 舗装厚測定用センサ
3	スクリードの自動伸縮装置 ④ 基準線検知用前センサ ⑤ " 後センサ
4	ステアリングの自動化装置 ④ 基準線検知用前センサ ⑤ " 後センサ
5	合材受入れの半自動化装置 ⑥ ゲンブ・トラック誘導用指示盤 ⑦ ゲンブ・トラック検知用センサ ⑧ 障害物検知用センサ

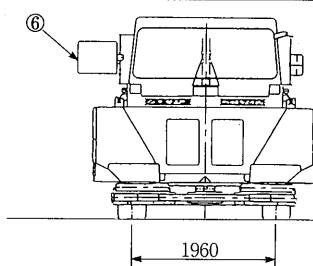


図-6 総合システム機の概観

(株、(株)新潟鐵工所)でアスファルトフィニッシャの自動化・ロボット化が検討・開発されている。以下にその概要を示す。

ロボット化に当たって対象とした開発項目は次の5つの機能である。⁶⁾

① アスファルト混合物の自動供給

② 舗装厚の自動管理、自動制御

③ スクリードの自動伸縮

④ ステアリングの自動化

⑤ アスファルト混合物の受入れの半自動化

開発された総合システム機(ロボット化フィニッシャ)の概観と自動化装置を図-6⁶⁾に示す。

(1) アスファルト混合物の自動供給装置

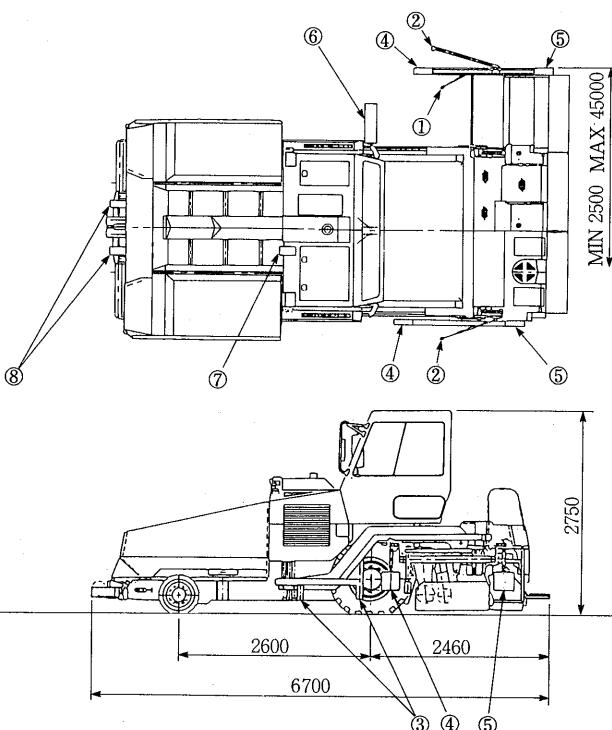
この装置は、ダンプトラックよりホッパに供給されたアスファルト混合物を、スクリード前に適量供給するシステムである。

制御メカニズムは、スクリュウフィーダ上部に配置された4個の超音波センサにより、混合物の供給量を認識し、適量となるようにバーフィーダ、スクリュウフィーダに回転の指示を出すようにしたものである。

図-7⁶⁾にアスファルト混合物の自動供給のイメージ図を示す。

(2) 舗装厚の自動管理及び自動制御

舗装厚さの自動管理は、厚さの測定とそのデータに基づいてレベリングシリングを制御し、スクリードの



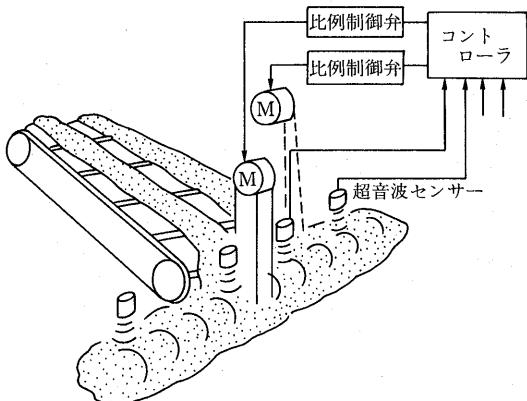


図-7 混合物自動供給のイメージ図

角度を調整して所定の厚さになるように自動的に調整する。

舗装厚さは、スクリードと一体になったアームに取り付けた2個の超音波センサと傾斜角度センサおよび走行距離測定エンコーダのデータによりコンピュータで演算して求める。

上記舗装厚自動管理及び自動制御装置のシステムを図-8⁽⁶⁾に示す。

(3) スクリードの自動伸縮・ステアリングの自動化

両装置とも基準線を認識して基準線に対してスクリードの位置を制御する、または基準線と平行にステアリングを制御することによって自動化している。従って、自動化の基本は基準線を認識する方法であるが、共に縁石やライン等にレーザ光線を当て、CCDカメラで撮影し、コンピュータによる画像処理によって位置を認識する方式を取っている。

スクリードの自動伸縮装置のシステムを図-9⁽⁶⁾に示す。

(4) 混合物受入れの半自動化

フィニッシャの先端に取り付けた超音波センサにより、ダンプトラックとフィニッシャの距離を認識し、ダンプトラックから見やすい位置に設置された指示モニタに停止位置までの距離や左右のずれ、および停止

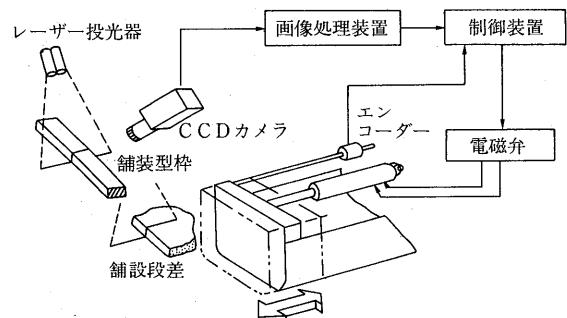


図-9 スクリード自動伸縮装置のシステム図

指示を表示し、ダンプトラックによる混合物供給をスムースなものとする。なお、ダンプトラックとフィニッシャの間に人がいる場合は警告を発するなど、安全面も考慮している。

混合物受入れの半自動化装置のシステムを図-10⁽⁶⁾に示す。

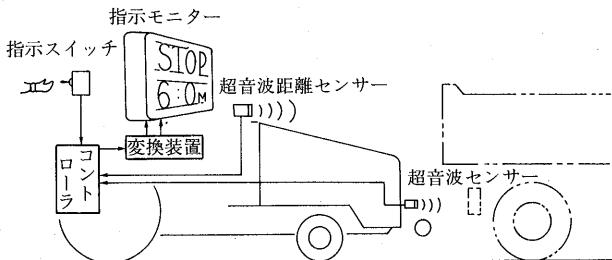


図-10 混合物受入れ半自動化装置のシステム図

4.2 作業環境の定量化と改善

製造業においては、作業の効率化を計るために、作業を科学的に測定、分析し定量的な評価を行う手法が多く採用されている。こういった過程をへて自動化、ロボット化といった大きな作業改善を行い、現在の高い生産性を確立してきている。

一方建設業においては、労働生産性の面から見ても製造業と比べ大きく差がついてきており、改善の余地が大きいと言える。

そういった事から、最近舗装の作業分析においても製造業と同様の作業改善手法（インダストリアル・エンジニアリング：以後IEという）が試みられてきており^{7),8)}、こういった手法を用いることにより、今後作業の改善点の抽出や問題点の把握に大きく寄与することが考えられる。

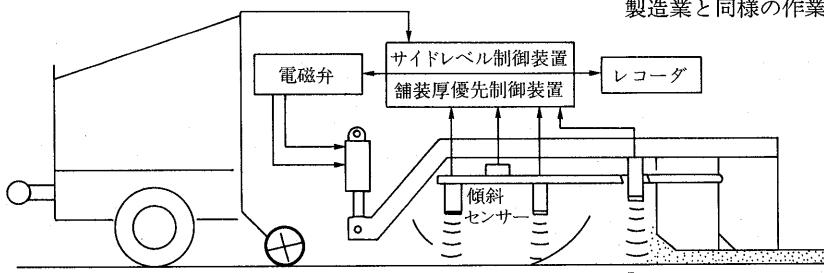


図-8 舗装厚自動管理及び自動制御装置のシステム図

I Eは生産工学（あるいは産業工学）とも訳されているように、主として人の生産にたづさわる作業体系を定量的に把握し、分析、評価する工学として位置づけられる。

具体的な手法の手順⁷⁾は以下に示す通りである。

- ①問題点の認識：プレーンストーミング法等を用いた問題点の認識により、改善点の視点（省力化、時間短縮）を決める。
 - ②作業の測定：トップウォッチやビデオにより動作・時間を記録する。複雑な行動が有る場合はビデオ・メモ・モーション法で行う。アンケート調査による場合もある。
 - ③作業の分析：データに基づき統計等を用いて工程分析、時間分析、稼働分析、連合動作分析等を行う。
 - ④評価：分析結果の評価を行う。
 - ⑤改善案の立案：プレーンストーミング法、3 S 法等を用いて改善案の立案を行う。
 - ⑥改善案の効果予測：測定データを用いたシミュレーション等を行い改善案の効果を予測する。
 - ⑦改善案の測定：実際に改善案による試行を行い、②と同様に作業の測定を行う。
 - ⑧改善案の評価：改善案の作業測定結果を②の結果と比較・検討し、改善案の効果などをさらに把握する。
- 以上のような手法で行った、舗装の取り壊し、除去工法において、従来のブレーカによる方法と、切削機械による新しい工法の採用による作業工数の比較例を表-4⁷⁾に示す。

表-4 作業工数の比較
(人)

		従来工法	新工法
作業者数	建設機械運転手(人)	3	1
	土木作業者(人)	6	5
	作業者数計(人)	9	6
正味作業工数	土木ほうき作業	300	34
	スコップ作業	100	17
	敷均し作業	0	19
	機械のセッティング	0	23
	型枠／アスファルト塊除去作業	48	0
	土木作業小計	448	93
重機運転作業		251	26
計		699	119

この様に、分析結果から変更すべき工種を適切に選定することによって、大きく生産性を上げることができる。又、前述のロボット化の研究過程においても、I Eにより現状作業の定量化を計り、問題点の洗い出しと自動化技術の方向性を定めている。

5. おわりに

最近は社会のニーズが多様化・高度化してきているが、それも豊かな生活を目指すための一つの要請でもある。したがって、ニーズに応えるために開発した工法や機械が、どの分野の環境を破壊しても、それは本末転倒と言わざるを得ない。

そういう意味で、新たに開発する工法や機械は、騒音や振動を含めて環境破壊につながらない規範を持つべきであろう。

— 参考文献 —

- 1) (社)日本木材協会調べ
- 2) 建設省：建設副産物対策行動計画クリサイクルプラン21>について
- 3) 舟越洋一：北陸地建における舗装技術の現状と課題、第6回北陸道路舗装会議技術報文集、1994. p5.
- 4) 増山幸衛：最近の舗装維持修繕機械、第20回日本道路会議特定課題論文集、1993. p177.
- 5) 稲垣、奥平、廣藤：リミックス方式における施工管理の合理化の一手法。第17回日本道路会議特定課題論文集、1987. p192.
- 6) 建設省東北地建東北技術事務所、財先端建設技術センター：平成5年度 舗装の自動化技術の開発検討業務報告書、1994.3
- 7) 吉田、藤野、米村：道路維持修繕工事における施工改善手法について、第20回日本道路会議特定課題論文集、1993. p174.
- 8) 建設省東北地建東北技術事務所、財先端建設技術センター：平成3年度 舗装の自動化技術の開発検討業務報告書、1992.3

アスファルト舗装技術研究グループ・第17回報告

現在、アスファルト舗装技術研究グループは、下記に示します32名のメンバーで設計班、材料班、管理班の3班で勉強活動を進めています。設計班は、Huang著のPavement Analysis and Designの輪講、材料班は舗装の常温化についての文献の検討、管理班は1992年6月に行われた第2回路面性状に関する国際シンポジウムおよび1993年3月に行われた第2回リフレクションクラックに関する国際会議の論文の勉強を行っています。これらの成果は、順次紙面に掲載していく予定であります。

さて、今回は、材料班の成果として、混合物の新しい設計法と題して、アスファルト舗装のパフォーマンスに基づく仕様による配合設計法として注目されているAAMASについて紹介します。新しい配合設計法を検討する際の参考になればと考えております。

なお、当研究グループの勉強会への参加は、勉強する意志があれば誰でも自由となっておりますので、希望される方は幹事まで御一報下さい。

〔研究グループ代表幹事：峰岸順一〕

アスファルト舗装技術研究グループ名簿

峰 岸 順 一 東京都土木技術研究所技術部

* は班長 **は副班長

阿 部 長 門	東亜道路工業(株)技術研究所	**鈴 木 透 輔	大成ロテック(株)技術研究所
飯 田 健 一	鹿島道路(株)技術研究所	鈴 木 康 豊	(株)パスコ道路技術センター
池 田 和 則	世紀東急工業(株)技術研究所	高 橋 修	長岡技術科学大学建設系
伊 藤 達 也	日瀝化学工業(株)技術研究所	田 中 耕 作	鹿島道路(株)技術研究所
遠 藤 桂	日本道路(株)技術本部技術研究所	田 中 秀 明	東亜道路工業(株)技術研究所
大 竹 和 彦	福田道路(株)技術研究所	* 谷 口 豊 明	大林道路(株)技術研究所
岡 藤 博 国	世紀東急工業(株)技術研究所	浜 田 幸 二	日本道路(株)技術本部技術研究所
小 笠 幸 雄	大林道路(株)技術管理部	深 沢 邦 彦	大成ロテック(株)技術研究所
金 井 利 浩	鹿島道路(株)技術研究所	**増 山 幸 衛	(財)道路保全技術センター保全部
川 端 浩 平	日本舗道(株)技術研究所	水 口 浩 明	前田道路(株)技術研究所
北 沢 弘 明	日瀝化学工業(株)総務部	水 野 卓 哉	福田道路(株)技術研究所
久 保 知 裕	昭和シェル石油(株)アスファルト部	* 南 沢 輝 雄	(株)パスコ道路技術センター
佐々木 巍	建設省土木研究所材料施工部化学研究室	村 田 信 之	日本舗道(株)技術研究所
佐 藤 雅 規	世紀東急工業(株)技術研究所	森久保 道 生	昭和シェル石油(株)中央研究所
**菅 野 伸 一	常盤工業(株)技術研究所	* 吉 村 啓 之	前田道路(株)技術研究所
杉 内 正 弘	飛鳥道路(株)技術研究所		

(計32名)

混合物の新しい配合設計法—AAMASについて

伊藤達也*
佐藤雅規**

1. まえがき

現在、我国の配合設計は、アスファルト舗装要綱に示されるように、マーシャル法が中心となっている。一方、アメリカではアスファルト舗装のパフォーマンスに基づく仕様による配合設計手法としてAAMAS (ASPHALT-AGGREGATE MIXTURE ANALYSIS SYSTEM) が新しく開発されており、その考え方はSHRP (Strategic Highway Research Program) の成果SUPERPAVE (Superior Performance Asphalt Pavements) における混合物の配合設計手法 MiDAS (Mixture Design and Analysis System) にも受け継がれている。そこで、マーシャル法など従来の手法とは異なる新しい手法の内容、混合物の特性値と構造設計との直接的なリンクの必要性、および舗装のパフォーマンスに対する配合設計の位置づけなどを知る上で参考になるものと考え、NCHRP (National Cooperative Highway Research Program) レポート338¹⁾に掲載されたAAMASについて紹介するものである。

2. AAMASの概要

アメリカにおいて、密粒度のアスファルト混合物の配合設計に使用される試験は、経験的手法として知られているマーシャル法やビーム法が一般的となっており、それらのアスファルト量の決定方法は簡便で合理的なものと考えられてきた。実際、マーシャル法やビーム法で設計された混合物は多くの道路において長年にわたり良好な供用性を示してきた。しかし、それらの方法では、近年の重交通車両の増大およびタイヤ接地圧が高くなつたこと等の要因によって引き起こされるさまざまな破損を考慮することはできなくなってきた。そのため、アメリカでは舗装の供用性をふまえた配合設計の研究が盛んに行われてきている。それらの

研究成果の1つがAAMASであり、NCHRPによって開発された密粒度混合物の解析システムの研究報告としてまとめられた。

AAMASを開発するために、アメリカ諸州で用いられている混合物の中から9種類が選定され、様々な試験が行われた。そのうち5種類の混合物は現場での混合物特性を室内で再現する締固め装置および劣化方法等を決定、確立するために選ばれた。また残りの4種類は、AAMASの混合物評価の基準を設定するために、十分な供用性が得られない混合物が選定され、その材料および粒度等の物理特性が測定された。

これらの結果をもとにまとめられたNCHRPレポート338は2部構成となっている。第1部は主に「混合物の配合設計手法」および、「混合物のパフォーマンス予測手法」の二段階に分けて示されており、その内容はマニュアル的にまとめられている。図-1は第1部のフローチャートを示したものであり、AAMASでの配合設計手法によって決定した混合物の水分ダメージや崩壊等の予測が必要な場合には、パフォーマンス予測を行いうものとしている。また、マーシャル法やビーム法などの従来の方法によって配合設計された混合物に対しても、パフォーマンス予測ができるとしている。

第2部は第1部が導かれた研究成果と根拠が示されている。

本文では、主としてAAMASの第1部に沿って紹介し、必要に応じてその経過と根拠等について第2部で示されている内容をもとに説明を加えた。

3. 混合物の配合設計手法

3.1 概説

配合設計のフローチャートを図-2に示す。配合設計に用いる材料は基本的に現地で入手できるものとして、FHWA (Federal Highway Administration) で

*いとう たつや 日瀬化学工業株式会社技術研究所研究第一課

**さとう まさみ 世纪東急工業株式会社技術研究所第二研究室

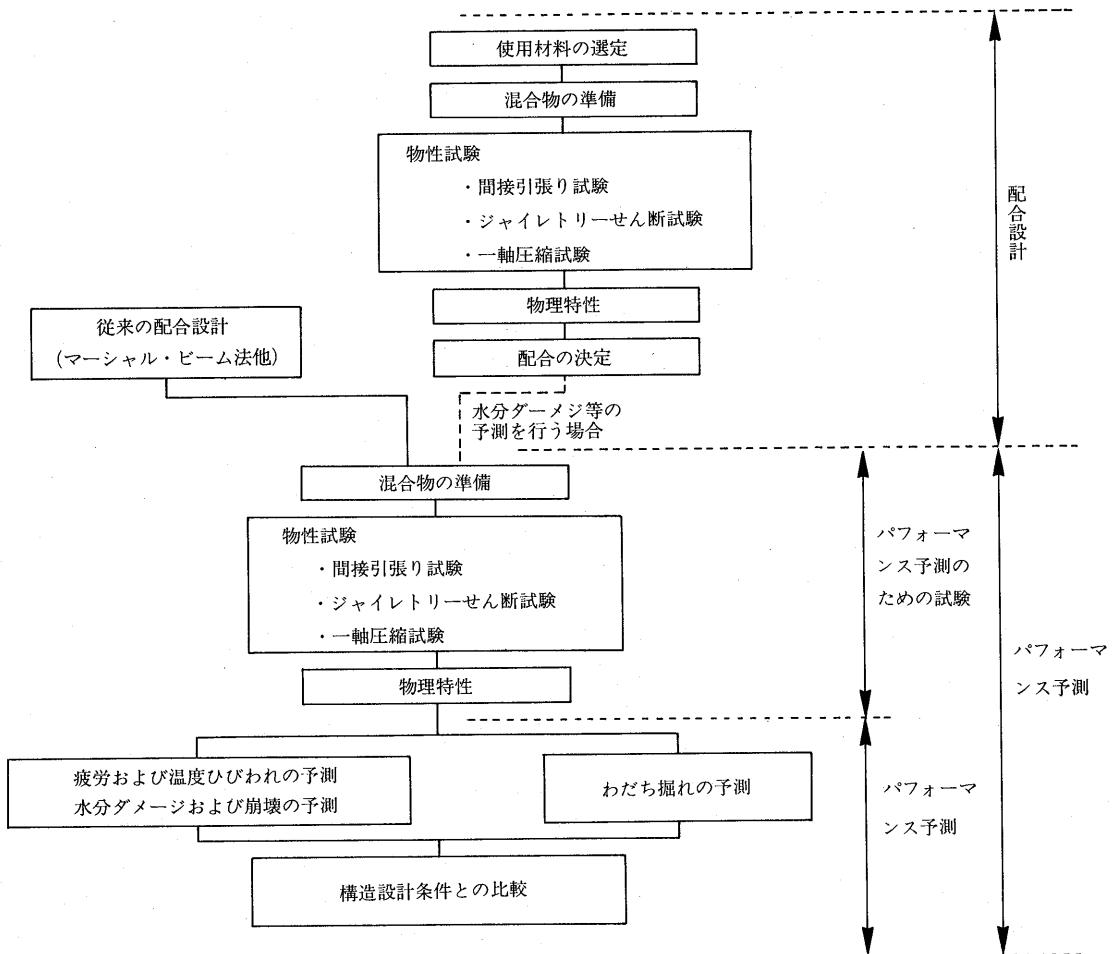


図-1 AAMASのフローチャート

の基準を用いている。また、骨材粒度およびアスファルト量の範囲の設定は、チャートおよびプログラム等を利用して求めることを勧めている。次に、以上で設定された混合物に対して、プラントでの製造時における劣化をシミュレーションするために促進劣化試験を実施した混合物を用いて、ジャイレトリーセン断コンパクタ (ASTM D-3387) によって供用体を作製する。作製個数は原則として、各アスファルト量に対して9個（3試験3個ずつ）とし、間接引張り試験、ジャイレトリーセン断試験、一軸圧縮試験の各種抵抗性試験を実施する。アスファルト量は、これらの試験結果より、各基準値を満足する範囲から求められる。

なお、経験を積めば、間接引張り試験以外の2試験で、アスファルト量1点のみに減らすことができるとしている。

3.2 混合物の準備

ここでは、供試体作製のための混合物の準備として、

材料の選定、初期の混合物劣化方法および供試体寸法について説明する。

(1) 材料の選定、骨材粒度

使用材料はFHWA T5040.27で推奨された以下に示される物理性状を満足するものを選定する。

- ・骨材は、NP（ノンプラスチック）であり、粘度塊ともろい粒子の含有量が1%以下であること。
- ・ロサンゼルスすりへり減量は、AASHTO T96で試験した場合は45%以下であること。
- ・2つ以上の破碎面を持ったNo.4 (4.75mm) ふるい以上の骨材は、60%以上であること。
- ・天然砂の混入限界量は、重交通で20%，軽交通で25%とする。
- ・使用アスファルト量に対するNo.200 (0.075mm) ふるい通過材料の体積の割合は、0.6~1.2の範囲とする。
- ・アスファルトの低温伸度試験は、AASHTO M226

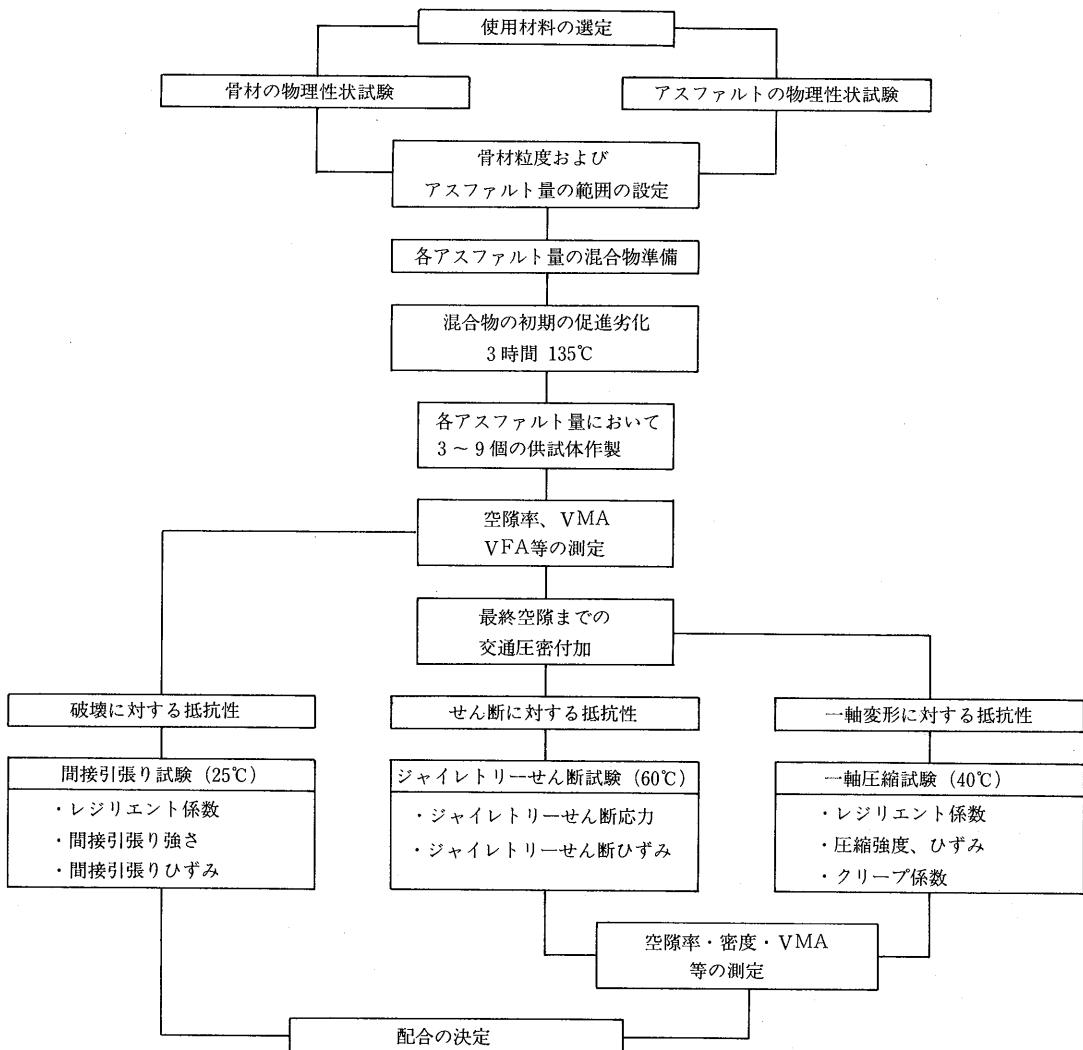


図-2 配合設計のフローチャート

の基準に従うものとする。

骨材粒度の設定は以下の表を基準にして設定する。

- ・FHWA 0.45power gradation chart (理論的に、空隙がほとんどない粒度を示す表) による。

初期のアスファルト量の範囲は以下のように設定する。

- ・Jimenez²⁾によって開発されたプログラム "ASPHALT" を用いて、概算のアスファルト量、膜厚、空隙を計算する。
- ・しかし、このプログラムを入手し利用できない場合には、経験によってアスファルト量を設定する。

(2) 初期の混合物劣化方法

アスファルト混合物の物理特性は、様々な要因によって時間とともに変化していく、AAMASでは、アスファルト混合物の初期および長期の劣化状態を再現す

るため、現場採取の混合物と室内で劣化を促進させた混合物の性状を比較し、独自の試験方法を提案している。ここでは、初期の混合物劣化として、プラントでの混合物製造時に発生する劣化の状態を再現する方法について説明する。

アスファルト混合物が劣化する要因は、加熱温度と時間である。これらについて前述9種類の混合物のうち、5種類について検討を行った。まず、薄膜加熱試験器(TFOT)を用いて試験温度を変化させ、アスファルト劣化の検討を行った。この結果、劣化を促進させる加熱温度として、混合物の平均出荷温度に近い135°Cを最適温度とした。次に、この加熱温度において、強制吸引オーブン(forced-draft oven)を用い、混合物の劣化促進時間について針入度、粘度等の比較、

検討を行った結果、劣化促進時間として3時間が適当であると判断された。

(3) 供試体寸法

供試体の直径、高さおよび骨材の最大粒径は、試験値に影響を与えると考えられる。このためAAMASでは、それらの関係について検討した。

① 間接引張り試験用供試体

図-3は、供試体の直径と骨材の最大粒径の比(DR)を変化させ間接引張り試験によってレジリエント係数を測定したものである。この結果、直径と最大粒径の比が4以下になるとレジリエント係数が急激に大きくなることが判った。また、間接引張り強度、間接引張りひずみ、クリープ係数等についても検討を行い、供試体直径と最大粒径の比は4以上という基準を設定した。また、供試体の厚さと直径の比については、目標値として0.5を推奨しているが、現場採取の供試体では、この目標値が得られない場合があるため、最小値として0.375まで範囲を広げている。

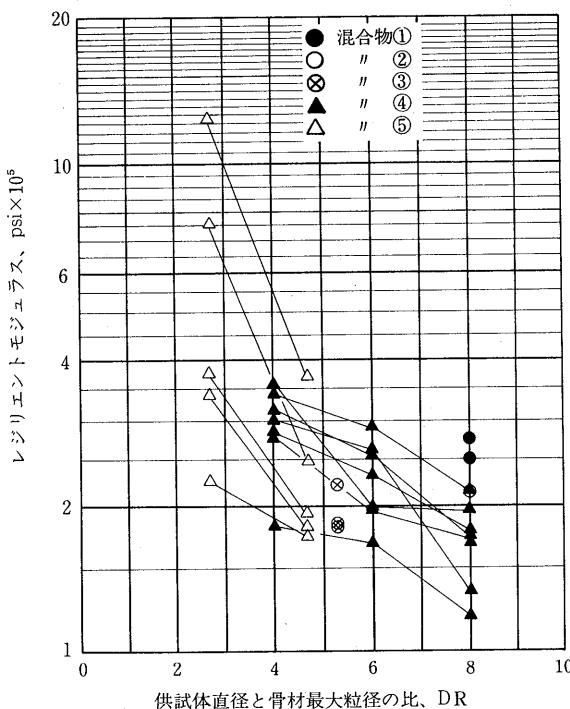


図-3 DRとレジリエントモジュラスの関係

② 一軸圧縮試験用供試体

一軸圧縮試験用供試体の寸法については、今まで研究された例がない。このため、直径と最大粒径の比は間接引張り試験用供試体の検討で用いられた試験結果を参考に、これと同じ4以上を目標値とした。また、

供試体高さを変化させて一軸圧縮試験を行った。この結果、高さと直径の比は、載荷面の摩擦による変形を考慮して、摩擦をテフロンテープ等で低減できる場合は1.0以上、それ以外では2.0以上を基準とした。

3.3 締固め装置

室内での混合物の締固め装置は、現場で施工された混合物の物理特性を再現できなければならない。このため、以下に示す5種類の締固め装置を用いて、その再現性が検討された。

マーシャルランマー

カリフォルニアーディングコンパクタ

テキサスジャイレトリーセン断コンパクタ

アリゾナ振動ニーディングコンパクタ

スチールホイールシュミレータ

また、比較された物理特性は以下のとおりである。

① 空隙率

実際に現場で施工された舗装体は、その厚さ方向に對して密度の差が生じると考えられる。そこで、現場採取の供試体およびそれと同程度の厚さの室内で締固められた供試体を上部、中間部、下部の3等分に切斷して、空隙率を測定し、その再現性について比較、検討された。

② 骨材の配向

締固められた混合物は、その締固め方法によって、粗骨材の傾き（配向）が異なると考えられる。このため、供試体の切斷面において粗骨材の傾きを測定（最小投影法³⁾）し、その結果を累積度数で表し、比較、検討された。一例として、図-4は現場で採取された供試体の測定範囲と各混合物をマーシャルランマーで締固めた供試体の測定結果を累積度数で表したものである。

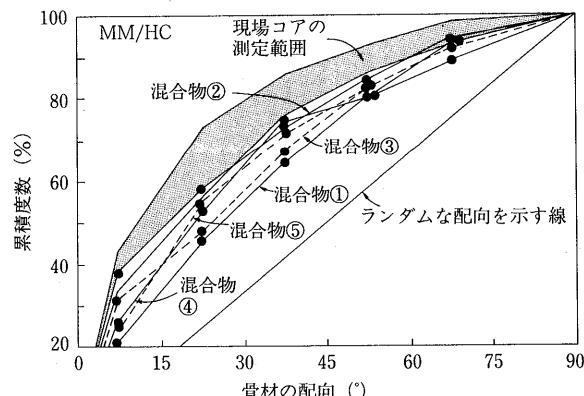


図-4 骨材の配向（マーシャルランマー）

③ 物理特性

5, 25, 40°Cにおける間接引張り試験を行い、その物理性状である間接引張り強度、間接引張りひずみ、レジリエント係数およびクリープ係数を求め、比較、検討された。

これらの比較、検討の結果、テキサスジャイレトリーセン断コンパクターが現場の混合物の特性を最も良く再現する締固め装置であり、次に再現性の良い締固め装置はカルフォルニアニアーディングコンパクタとしている。

AAMASでは、このテキサスジャイレトリーセン断コンパクタと同等で、しかも交通荷重に対するシミュレーション試験が可能なアメリカ陸軍工兵隊(Corps of Engineers)のジャイレトリーセン断コンパクタを締固め装置に選定し、供試体を作製するものとしている。

供試体の作製条件を表-1に示す。これは、施工直後の混合物の空隙率を再現させるおおよその締固めエネルギーとなるとしている。

表-1 締め固め条件

項目	ローラーの種類	
	空気式	油圧式
初期傾斜角度(°)	3	2
鉛直荷重psi(kPa)	90(620)	120(827)
回転数(回)	15	12

3.4 試験方法

3.3において作製された供試体に対して各種抵抗性試験として、間接引張り試験、ジャイレトリーセン断試験、一軸圧縮試験を実施する。

以下に、配合設計に用いる試験条件および方法等について説明する。

(1) 間接引張り試験

間接引張り試験は、破壊に対する抵抗性やRauhutの疲労定数⁴⁾を調べることを目的に実施される。測定項目はレジリエント係数および間接引張り強度、間接引張

りひずみであり、同一供試体すべての試験が行われる。

作製された供試体を25±1°Cで12時間程度養生し、同温度で試験を実施する。

レジリエント係数を測定するための繰返し荷重は、間接引張り強度の5~20%の範囲とする。載荷周波数は1Hz(0.1秒載荷、0.9秒休止)とし、予備載荷を25~45秒行った後の3回の変位(図-5)から式(1)に示す全レジリエント係数(E_{Rt})を求める。これを任意の直径方向とそれに対して90°回転した方向の2断面で行う。

$$E_{Rt} = \frac{P}{hH_R} (A_3 + A_4 \nu_R) \quad \dots \dots (1)$$

ここで、

P : 繰返し荷重 (lb)

h : 供試体高さ (in)

H_R : 全復元変位 (in)

A_3 : 直径4inの時0.2692

A_4 : 直径4inの時0.9974

ν_R : ポアソン比

次に、間接引張り強度および間接引張りひずみの測定を行う。供試体の試験方向は、前試験での復元変位の大きい断面で行う。載荷速度は、2in(50.8mm)/minとし、式(2)に示す間接引張り強度(S_t)および式(3)に示す間接引張りひずみ(ϵ_h)を測定する。

$$S_t = \frac{P_f \cdot A_0}{h} \quad \dots \dots (2)$$

$$\epsilon_h = \Delta_h \left| \frac{A_5 + \nu_R A_6}{A_1 + \nu_R A_2} \right| \quad \dots \dots (3)$$

ここで、

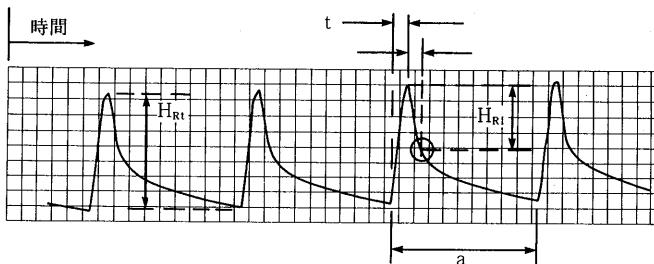
P_f : 破壊荷重 (lb)

h : 供試体高さ (in)

A_0 : 直径4inの時0.156

Δ_h : 破壊時の水平変位 (in)

A_5 : 直径4inの時0.03896



a : 載荷周期 (1秒)

H_R : 全復元変位 (in)

H_{R1} : 瞬間復元変位 (in)

t : 載荷時間(0.1秒)

図-5 繰返し載荷における復元変位

A_s : 直径 4 in の時 0.1185

A_1 : 直径 4 in の時 0.0673

A_2 : 直径 4 in の時 0.2494

ν_R : ポアソン比

(2) ジャイレトリーセン断試験

ジャイレトリーセン断試験は、数百、または数千万回の交通荷重を受けた状態でのせん断抵抗性の低下度合いを評価する方法として行われる。

締固めの後、供試体をモールドに入れたまま 60 ± 3 °C まで冷却する。ASTM D3387に従い、垂直荷重 120psi (827 kPa)、初期の傾斜角 2°で 25, 50, 75, 100, 150, 200, 250, 300 回転時のローラー圧および供試体高さのデータより、せん断応力 (S_G) および、せん断ひずみを計算する。試験後、供試体の空隙率等の混合物性状を測定する。なお、試験中に混合物が塑性状態になり、急激にせん断応力が低下した場合は、試験を中止する。

(3) 一軸圧縮試験

一軸圧縮試験は、混合物の永久変形（わだち掘れ）の特定を評価する方法として実施される。

一軸圧縮試験は、ジャイレトリーセン断コンパクタによって最終空隙（締固めで得ることのできる最低空隙）まで締固められた供試体を用いて試験を行う。供試体は 40°C で 12 時間程度養生した後、試験が行われる。

レジリエント係数を測定する繰返し載荷荷重は、一軸圧縮強度の 5~25% の圧縮応力を生じさせる荷重とし、載荷周波数 1 Hz (0.1 秒載荷、0.9 秒休止) で行う。予備載荷を 25~45 秒行った後の 3 回の変位を測定し、式 (4) に示す全レジリエント係数 (E_R) を計算する。

$$E_R = \frac{P \cdot \ell}{A_s V_R} \quad \dots \dots (4)$$

ここで、

P : 繰返し載荷荷重 (lb)

ℓ : 供試体高さ (in)

A_s : 供試体の断面積 (in²)

V_R : 供試体の垂直変位 (in)

クリープ係数を測定するための静止載荷荷重は、一軸圧縮強度の 10~20% の圧縮応力を生じさせる荷重とし、60 分間の供試体変位を測定し式 (5) に示すクリープ係数 (E_c) を計算する。その後、無荷重で供試体の復元量を 60 分間測定し、復元効率 (X) を求める。

$$E_c = \frac{P_s \cdot \ell}{A_f \Delta_r} \quad \dots \dots (5)$$

ここで、

P_s : 静止載荷荷重 (lb)

ℓ : 供試体高さ (in)

A_f : 試験後の供試体断面積 (in²)

Δ_c : 供試体の垂直変位 (in)

$$X = \frac{\Delta_r(3600)}{\Delta_v(H)(3600)} \quad \dots \dots (6)$$

ここで、

$\Delta_r(3600)$: 無荷重で 60 分間の復元量 (in)

$\Delta_v(H)(3600)$: 供試体の垂直変位 = Δ_c (in)

最後に、AASHTO T167 に従い一軸圧縮強度試験を行なう。載荷速度は供試体に 1 分間 0.15 in/in のひずみを生じさせる大きさとする。

3.5 試験結果の評価 (アスファルト量の決定)

各試験の結果は以下に示す基準値により評価を行い、アスファルト量が決定される。

(1) 空隙およびVMA, VFA

アスファルト混合物の空隙率は、締固めエネルギーや供用後の道路の交通量等によって変化するため、AAMAS ではジャイレトリーセン断試験を採用し、混合物の最終空隙率で判断している。供用後の混合物性状を調査した結果、空隙率 3% 以下になるとわだち掘れが発生し易く、6% を超えると水分の影響によるラベリングや、ポットホールなどが起きることから、空隙率の基準値をジャイレトリーセン断試験後の最終空隙率で 3~5% としている。

また、VMA (骨材間隙率) および VFA (アスファルト飽和度) の基準は米国アスファルト協会 (AI) の MS-2 マニュアルを参考に設定している。これを表-2 に示す。

表-2 VMA, VFA の基準値

	骨材最大粒径 in (mm)	最小値 (%)	最大値 (%)
VMA	1.5 (38)	12	20
	1.0 (25)	13	20
	0.75 (19)	14	21
	0.5 (13)	15	21
VFA	-	75	85

(2) 間接引張り試験によるレジリエント係数

アスファルト舗装の構造設計に用いられる AASHTO の層係数 (a_1)⁵ と弾性係数 (レジリエント係数) の関係を示した図-6 より、目標層係数以上となる全レジリエント係数が得られるアスファルト量とする。

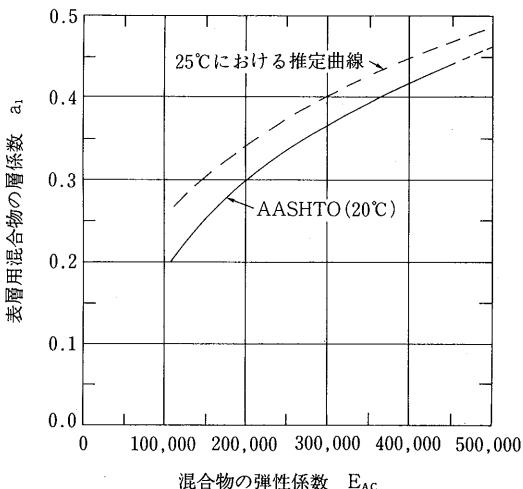


図-6 密粒度混合物の弾性係数（レジリエント係数）と層係数との関係

(3) 間接引張りひずみと全レジリエント係数

AASHTO道路試験で使用された標準密粒度混合物の疲労曲線（図-7）を用い、この曲線の上部にくるアスファルト量を求める。疲労曲線には、NCHRP計画（1-10B）⁶⁾によるものとRauhut⁴⁾らが提案したものがあるが、AAMASでは後者の方を採用している。

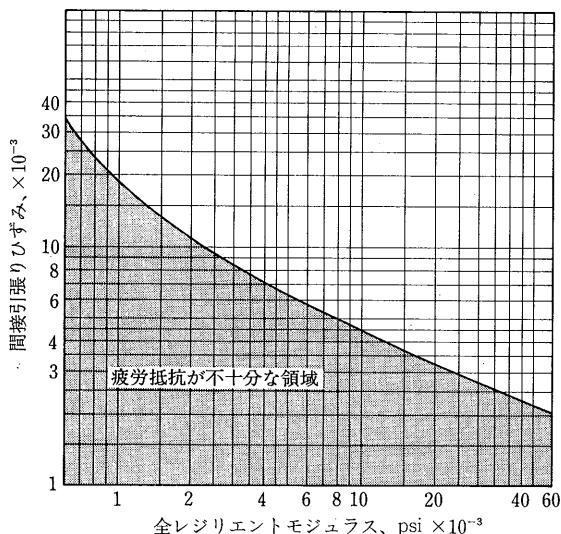


図-7 レジリエントモジュラスと必要最小間接引張りひずみとの関係

(4) ジャイレトリーせん断応力

ジャイレトリーせん断応力の基準値は、300回転時点において54psi (372kPa) 以上とし、同時に、試験中に

塑性状態にならないものとしている。また、この試験データ（車両の種類やタイヤの種類、空気圧等が変わったとき）が少ないため、これについては今後データが蓄積されたときに、修正する必要があるとしている。

(5) 一軸圧縮試験によるクリープ係数

クリープ係数は、舗装構造の種類によって表-3に示す基準値を設けている。

表-3 クリープ係数の基準値

舗装構造の種類	クリープ係数 (E_c) Ksi (MPa)
ホワイトベース上の舗装	10 (69)
フルデプス舗装上の表層	8 (55)
薄い舗装の表層	4 (28)

(6) アスファルト量の決定

各基準値を満足するアスファルト量の範囲を各試験において求め、それらすべてを満足する共通範囲の中央値を決定アスファルト量としている。

4. 混合物のパフォーマンス予測手法

ここでは、混合物のパフォーマンス予測に関する試験方法および予測手法について説明する。

4.1 パフォーマンス予測のための試験方法

パフォーマンス予測を行うための試験は基本的に「3. 配合設計手法」で用いられた試験と同様である。しかし、長期的なパフォーマンスを予測するため、試験条件や個数等が異なっており、図-8および以下にそれらを示す。

- ・供試体の作製は、表-1に示される締固め条件の項目のうち、回転数を変化させ、現場で予想される密度まで締固める方法としている。
 - ・間接引張り試験に用いる供試体は、全部で18個であり、その内訳は、環境条件を与えないものが9個、水分条件を与えるものが3個、そして温度条件を与えるものが6個となっている。なお、これらの供試体は空隙のばらつきのないように、グループ分けを行うものとしている。
 - ・長期的な環境条件を与える方法として表-4に示す長期の促進劣化および水分ダメージ試験(AASH-TO-T283修正)を行うものとしている。
 - ・間接引張り強度および間接引張りひずみを求める試験条件として、温度条件を与えた供試体のみ、載荷速度を0.05in (1.27mm)/minとしている。
- 以上の各試験結果をもとに、4.2以下にパフォーマンス

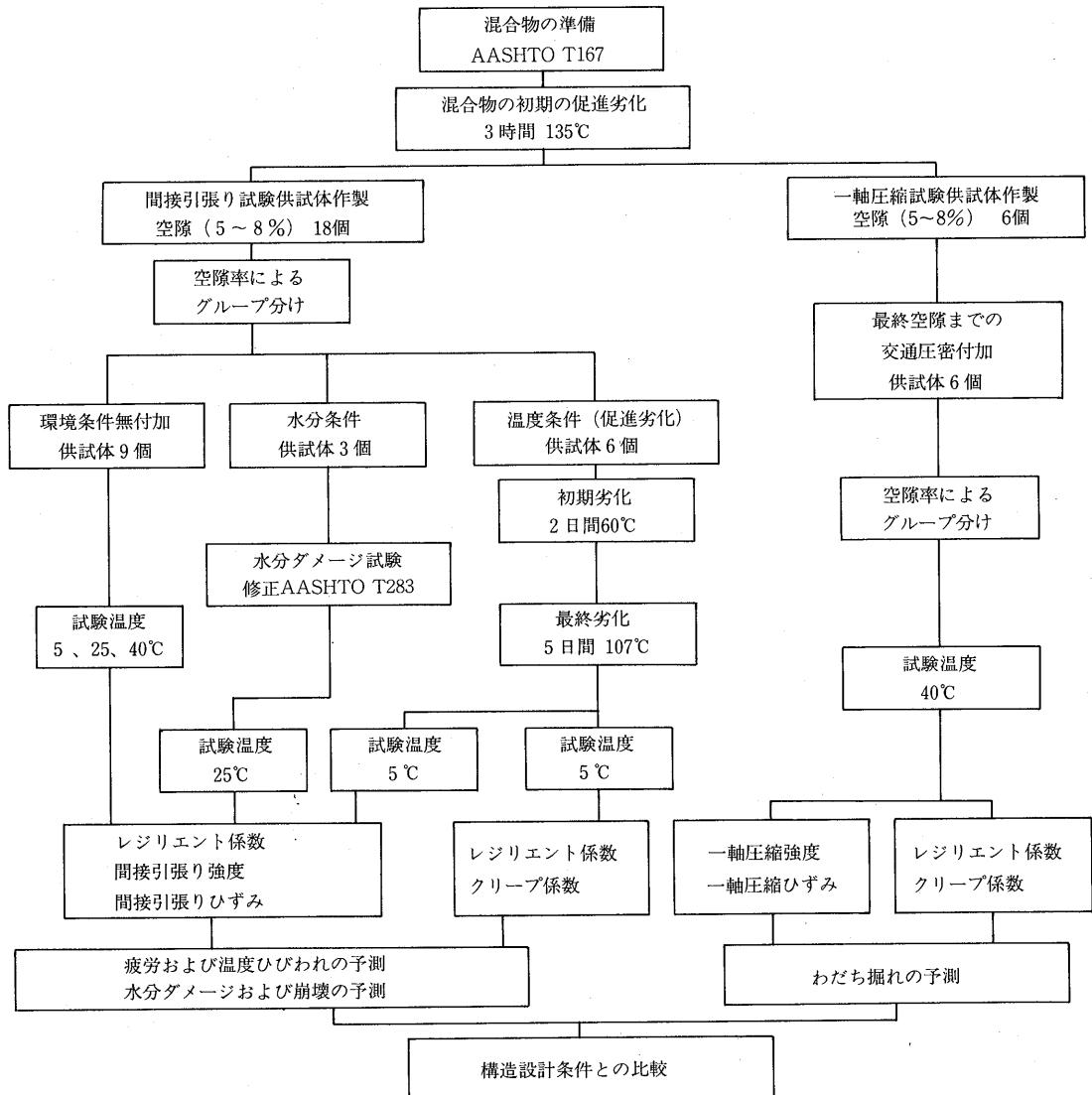


図-8 パフォーマンス予測のフローチャート

表-4 環境条件を与える試験方法

試験名	目的	方 法	適 用
初期の促進劣化	混合物製造時における劣化をシミュレーション	締固め前の混合物をパットに広げ、強制吸引オーブンによって 135°Cで3時間養生	配合設計およびパフォーマンス
長期の促進劣化	供用後の混合物劣化をシミュレーション	供試体を強制吸引オーブンによって60°Cで2日養生後さらに 107°Cで5日間養生	パフォーマンス予測
水分ダメージ	供用後の水分の影響をシミュレーション	供試体の空隙の75%まで水を飽和させた後、冷凍機を用いて-18°Cで16時間養生し、さらに60°Cの水槽で24時間養生	パフォーマンス予測

ス予測を行う手法について述べる。

4.2 AASHTOの層係数について

AAMASでは、25°Cの全レジリエント係数を用い層係数を満足することが条件の一つとなっている。しか

し、混合物の特性は交通条件ばかりでなく路床条件・環境条件にも依存しており、同一交通荷重であっても、温暖地域と寒冷地域での混合物特性は異なるはずである。したがってAAMASでは、季節変動を加味した等価レジリエント係数が、設計に用いられる層係数以上でなければならないと提案しており、その決定は以下に示す手順で行われる。

- ・季節ごとの平均路面温度を求める。
- ・上記温度での全レジリエント係数を測定する。
- ・図-9を用いて各路面温度での全レジリエント係数に対する疲労係数を読み取る。

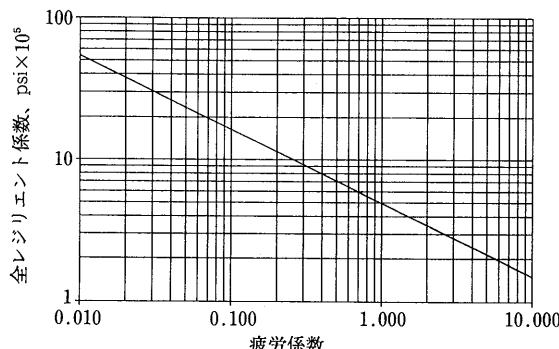


図-9 疲労係数と全レジリエント係数

- ・季節ごとの疲労損傷を考慮した式(7)に示す等価レジリエント係数(E_{RE})を求める。

$$E_{RE} = \frac{\sum (E_{Rt}(i) \times FF(i))}{\sum FF} \quad \dots \dots (7)$$

ここで

$E_{Rt}(i)$: 季節*i*における平均路面温度の全レジリエント係数

$FF(i)$: 季節*i*における平均路面温度の疲労係数
なお、レジリエント係数とAASHTO層係数との関係が適切であるかどうかの検証が、SHRP Long Term Pavement Performance Program (LTPP)におけるGeneral Pavement Section計画(GPS)で実施されている。

4.3 わだち掘れの予測

交通荷重の作用により生じるわだち掘れを予測する力学的、経験的モデルのほとんどは、レジリエント係数、クリープス係数などの特性値を用いたものであり、わだち掘れ進行速度や永久変形の程度を表している。

わだち掘れ進行速度に関しては、NCHRP計画(1-26)⁷⁾の研究で式(8)が示され、また、永久変形に関しては、式(9)に示されている。

$$RR = A_1(N)^m \quad \dots \dots (8)$$

ここで、

RR : 載荷回数に対するわだち掘れの進行速度

N : 載荷回数

A_1, m : 室内試験結果を現場データにより補正した定数

$$\log \varepsilon_p = \log A + m \log N \quad \dots \dots (9)$$

ここで

ε_p : アスファルト混合物層内の永久ひずみ

N : 荷重の載荷回数

A, m : 室内試験結果を現場データにより補正した定数

AAMASでは式(9)の方を混合物の配合設計に対する適応性が高いとしA, mの値を検討した。試験方法としては間接引張り試験と一軸圧縮試験を用いた。その結果、間接引張り試験では温度が高く載荷時間が長い場合には適用性に問題があると判断し、一軸圧縮試験を推奨している。

クリープ試験における載荷荷重は、多層弾性理論によってその層に生じるとされた垂直応力をもとに決めており、クリープ試験におけるクリープ係数と復元効率を用いた場合の定数A, mが式(10), (11)のように示されている。

$$A = a(t_1)^{m_c} - \varepsilon_{rt} \quad \dots \dots (10)$$

$$m = \frac{\log a + 3.5563 m_c + \log(1-X) - \log[a(0.1)^{m_c} - \varepsilon_{rt}]}{4.5563} \quad \dots \dots (11)$$

ここで

m_c : 定常状態領域での静的なクリープ時間曲線の勾配

a : クリープ時間曲線がクリープひずみ軸上で1秒になる切片

ε_{rt} : 全レジリエントあるいは繰り返し載荷試験からの復元ひずみ

X : 復元可能なクリープのパーセントあるいは静的載荷による復元効率

この他にAAMASではジャイレトリーセン断コンパクタを使用し、旋回回数に対するジャイレトリーセン断応力の変化や、一軸圧縮試験や間接引張り試験より得られた載荷時間とクリープ係数の関係より、混合物のわだち掘れに対する抵抗性を大まかに予測できるとしている。

4.4 疲労ひびわれの予測

アスファルト混合物の設計や評価において最も多く

用いられているのが、混合物の疲労に対する抵抗性である。疲労ひびわれの進行は、アスファルト混合物層の下面に生じる引張りひずみと混合物のスティフネスに関係しており、実際に多くのモデルでは、載荷回数と引張りひずみおよびスティフネスの関係を示す疲労曲線を用いている。

アスファルト混合物の疲労抵抗の評価に用いられる典型的な関係は式(12)で示される。

$$N = K_1(\varepsilon_t)^{-n} \quad \dots \dots \quad (12)$$

ここで

N : 破壊までの載荷走行回数

ε_t : アスファルト混合物層下面に生じる引張りひずみ

K_1, n : 疲労係数

上記の疲労係数を求める方法として、間接引張り強度や全レジリエント係数を用いるものなどがある。AAMASでは、前者として式(13)(14)に示すMaupin⁸⁾によるもの、後者として式(15)(16)に示すRauhut⁴⁾によるものを使い検討した。

$$\text{Maupin: } n = 0.0374\sigma_t - 0.744 \quad \dots \dots \quad (13)$$

$$\log K_1 = 7.92 - 0.122\sigma_t \quad \dots \dots \quad (14)$$

ここで

σ_t : 22°Cにおける間接引張り強度 (psi)

$$\text{Rauhut: } K_1 = K_{1R}(E_R/E_{Rr})^{-4} \quad \dots \dots \quad (15)$$

$$n = 1.35 - 0.252 \log K_1 \quad \dots \dots \quad (16)$$

ここで

E_R : 設定したアスファルト混合物のレジリエント係数

E_{Rr} : 500,000psi(AASHTO道路試験の基準係数)

K_{1R} : 7.87×10^{-7} (基準係数)

検討の結果、Maupinの疲労係数は試験温度が22°Cよりも著しく異なる場合には適用に疑問があるため、AAMASではRauhutの関係式を推奨している。したがって、多層弾性理論により算出されたアスファルト混合物の下面に生じる引張りひずみとその混合物の全レジリエント係数を測定することによって、混合物の疲労ひびわれ特性が評価できることになるとしている。

一方、AAMASでは、疲労ひびわれ抵抗性を数点の温度で評価するべきと考えているため、数値計算を必要としない簡易な方法として、混合物の全レジリエント係数と破壊時の間接引張りひずみを測定し、AASHTO道路試験で採用された混合物の疲労曲線(図-7)を下回るか上回るかで、配合設計した混合物の疲労ひびわれ抵抗性を検証することも薦めている。

4.5 温度ひびわれの予測

温度ひびわれは交通車両に關係なく、混合物の破断損傷と考えられており、通常時間とともに進展し(環境と温度の低下速度)、比較的長時間の載荷と関係があると考えられている。この種のひびわれは、アスファルトの劣化特性、粘弹性状、混合物特性そして環境因子に關係しているため評価や予測が難しい。温度ひびわれに注目した予測モデル式は、混合物の強度と温度および混合物のスティフネスと温度の関係などを用いて、低温ひびわれが起こりうる臨界温度を予測するのがほとんどである。

温度ひびわれを評価するためには、環境条件と同様、混合物の正確な臨界点を計測する必要がある。この混合物特性には、間接引張り強度(載荷速度0.05in(1.27mm)/min, 低温クリープ係数、間接引張りひずみ、および温度係数が必要である。温度係数は、使用温度によって変化するが、密粒度アスファルト混合物の標準的な値は $2.25 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ である。

アスファルト混合物表層の温度降下による引張り応力の変化 $\Delta\sigma(T_i)$ は式(17)で示される。

$$\Delta\sigma(T_i) = \alpha_A(\Delta T_i)\Delta E_{ct} \quad \dots \dots \quad (17)$$

ここで

α_A : $2.25 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$

ΔT_i : 温度変化

ΔE_{ct} : ΔT_i の温度変化による混合物のクリープ係数

混合物のクリープ係数と間接引張り強度との関係は、式(18)で表せる。

$$\log E_{ct}(T_i) = \log E_0 + n_t \log S_t(T_i) \quad \dots \dots \quad (18)$$

ここで

$S_t(T_i)$: 温度 T_i で測定された間接引張り強度

E_0 : 室内試験から得られた劣化定数

n_t : 5, 25, 40°Cで測定された間接引張り強度と全レジリエント係数の関係の傾き

$E_{ct}(T_i)$: 温度 T_i における混合物のクリープ係数
アスファルト混合物には応力緩和性状があるため、引張り応力はそれによって低下する。応力緩和を加味した引張り応力は式(19)で概算できる。

$$\sigma(T_i) = \alpha_A \cdot \Delta T \cdot E_0(T_i)(t_r)^{-nc} \quad \dots \dots \quad (19)$$

ここで

n_c : 温度 T_i での間接引張りクリープ曲線の傾き

$E_0(T_i)$: 温度 T_i での間接引張りクリープ曲線の

切片

t_r : 応力緩和時間(3600秒になると仮定される)

ΔT : ひびわれの起きうる温度変化

上記の式(18) (19)で得られた引張り応力が引張り強度を上回るとひびわれが発生するとした場合、両式より ΔT は式(20)で示され、ひびわれが発生する時の温度 T_i は式(21)のように示される。

$$\Delta T = \left(\frac{E_{ct}(T_i)}{E_0} \right)^{1/n_t} \cdot \frac{t_r^{nc}}{\alpha_A E_0(T_i)} \quad \dots \dots (20)$$

$$T_f = T_i - \Delta T \quad \dots \dots (21)$$

ここで

T_i : 軟化点温度

なお、より詳細な分析が必要な場合は、NCHRP計画(1-26)で考えられたProgram TC⁹やフロリダ大学で開発されたCRACK3などのコンピュータを用いた舗装解析用プログラムを使用する。

4.6 水に対する抵抗性の予測

水の影響によって混合物が受けるダメージは、特に交通量の多い道路において深刻な問題である。

混合物の水に対する抵抗性を評価する方法として、AAMASではNCHRPレポート274¹⁰の方法とAASHOT-283の方法を検討した。

両者の異なる点は、供試体の飽和状態、間接引張り試験の温度と載荷速度である。前者は、供試体を約95%の飽和状態にし、試験を13°C, 0.065in (1.65mm)/minの速度で実施するのに対し、後者はそれを約75%, 25°C, 2 in (50.8mm)/minで行っている。

評価は、両者とも、飽和状態と無飽和状態での間接引張り強度の比(TSR)とレジリエント係数の比(MRR)の大きさを用いて行う。すなわち、これらの比が1に近ければ水によるダメージは少なく、これより小さくなるほど水のダメージを受けやすい混合物であるとしている。

検討の結果、NCHRPレポート274の方法は、経験上、水分のダメージを受けていない混合物であっても、ダメージを受けたような結果を示し、この条件はかなり苛酷であると結論づけ、AAMASではAASHOT-283による方法を推奨した。

またAAMASでは、TSR, MRRの他に間接引張りひずみの比(FSR)も評価対象とし、TSRはわだち掘れ、MRRは疲労ひびわれ、FSRは平坦性やラベリングに対しダメージを与えるとしている。そしてこれらの値は0.8以上であることが望ましく、それ以下では何ら

かのはく離防止対策を行うことを推奨している。ただし、FSRについては、試験のデータやパフォーマンスの資料が少ないため参考程度に止めてている。

4.7 崩壊(ラベリング、フラッシング)の予測

AAMASではラベリングとフラッシングを2種類の大きな崩壊として扱っている。ラベリングを減らすには混合物中のアスファルト量を増加させれば良いが、一方ではフラッシングが起りやすくなり滑り抵抗性を減らすことになる。

ラベリングやフラッシングに関する因子は、アスファルトのコンシステンシー、膜厚、骨材の清浄度・形状・きめ、混合物の空隙率などであるが、これらと崩壊とを直接結び付けるモデル式は今のところない。

そのため、AAMASでは暫定的に間接引張り試験における破壊時の間接引張りひずみ、間接引張り強度比(TSR)、混合物の空隙率の値より崩壊に対する抵抗性を評価している。すなわち、破壊時の間接引張りひずみは、骨材とアスファルト間の結合や付着を評価でき、結合がよければラベリングの恐れは少ないとしている。また水による引張り強度比の低下はアスファルトと骨材との結合が失われることによって生じるものであり、強度比が小さい混合物はラベリングも生じやすい、フラッシングに対する抵抗性を上げるには、交通荷重による圧密後に適正な空隙を有する必要があるとしている。

このような考え方のもと、崩壊に対するアスファルト混合物のガイドラインを次のように示している。

- ・最終空隙率は3%以上、
- ・間接引張り強度比(TSR)は0.8以上、
- ・式(22)に示す結合損失は50%以上、

$$\text{結合損失} = (1 - \varepsilon_{ht}/\varepsilon_{ho}) \times 100 \quad \dots \dots (22)$$

ここで、

ε_{ht} : 水浸や劣化の作用を受けた供試体の間接引張りひずみ

ε_{ho} : 水浸や劣化の作用のない供試体の間接引張りひずみ

- ・促進劣化後の間接引張りひずみは25°Cにおいて 10×10^{-3} 以上、5°Cにおいて 2.0×10^{-3} 以上

なお、SHRPのLTPP計画では崩壊に関するモデルを得るために材料のデータ等の収集を行っている。

5. あとがき

今回報告したAAMASは、SHRP計画も半ばを過ぎた1991年3月に発表されたものである。アスファルト舗装技術研究グループでAAMASを取り上げたのは、

SHRPの配合設計手法に影響を与えた報告としてメンバ一全員が非常に興味を持ったからであり、分担して翻訳、勉強を行った。

AAMASの目的とするものは、パフォーマンスに基づく仕様 (PBS) によるアスファルト混合物の配合設計であり、この思想はSHRPの配合設計手法プログラム MiDASに反映されている。日本では、マーシャル法による経験的な配合設計手法が用いられており、将来、SHRPの配合設計手法が広く採用されるようになったとしても、マーシャル法が全く用いられなくなるわけではなく、MiDASのレベル I の容積法 (Volumetric Mix Design)¹¹⁾に相当するものとしてマーシャル法の存続

は可能であると思われる。しかし、平成4年版のアスファルト舗装要綱¹²⁾の付録にも多層弾性理論による設計方法の例が示され、今後はパフォーマンスカーブが一層重要視されるものと思われる。配合設計に必要な試験機具が高価であり、多くの日数を要する等の問題はあるが、SHRPの長期供用性 (LTPP) 調査結果が明らかになるにつれ、配合設計手法もAAMAS, MiDASのようなパフォーマンスに基づく仕様に移行していくであろうと考えられる。

最後に、本稿をまとめるにあたり、御指導をいただいた大成ロテック㈱技術研究所 野村健一郎氏に紙面を借りて御礼申し上げます。

— 参考文献 —

- 1) H. L. Von Quintus, J. A. Scherocman, C. S. Hughes and T. W. Kennedy Brent Rauhut Engineering Inc. Austin, Texas. "NCHRP Report 338" Asphalt-Aggregate Mixture Analysis System AAMAS. Highway Transportation and Air Transportation
- 2) Jimenez, R. A. and Dadeppo, D. A., "Asphalt Concrete Mix Design" Report No. FHWA/AZ-86/189. Arizona Department of Transportation (June 1986)
- 3) Lees, G. and Salhhi, M., "Orientation of Particles with Special Reference to Bituminous Paving Materials." HRB Record 273, Highway Research Board, Washington, D. C. (1969)
- 4) Rauhut, J. B., Lytton, R. L., and Darter, M. I., "Pavement Damage Functions for Cost Allocation Volume 1, Damage Functions and Load Equivalence Factors/Report No. FHWA/RD-84/018. Federal Highway Administration (June 1984)
- 5) AASHTO Guide for Design of Pavement Structures-1986, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D. C. (1986)
- 6) Finn, F. N., Saraf, C., Kulkarni, R., Nair, K., Smith, W., and Abdullah, A., "Development of Pavement Structural Sudsystems." Final Report NCHRP Project 1-10B, National Cooperative Highway Research Program (Feb. 1977)
- 7) Thompson, M. R., and Barenberg, E., "Calibrated Mechanistic Structural Analysis Procedures for Pavements. "Project NCHRP 1-26, National Cooperative Highway Research Program (Mar. 1990)
- 8) Maupin, G. W., Jr., and Freeman, J. R., Jr., "Sample Procedure for Fatigue Characterization of Bituminous Concrete." Report No. FHWA-RD-76-102, Federal Highway Administration (June 1976)
- 9) Shahin, M. Y. and McCullough, B. F., "Prediction of Low-Temperatures and Thermal Cracking in Flexible Pavements." Report No. 123-14, Center of Highway Research, The University of Texas at Austin (Aug. 1972)
- 10) Tunnicliff, D. G. and Root, R. E., "Use of Antistripping Additives in Asphalt Concrete Mixtures, Laboratory Phase." NCHRP Report 274, National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board (Des. 1984)
- 11) Thomas W. Kennedy, Gerald A. Huber. "The SHRP Final Products : Performance Based Specification" pp78~102, Proceedings of the 7th International Conference on Asphalt Pavement, Vol 5
- 12) 社団法人 日本道路協会 "アスファルト舗装要綱" (1992)

用語の解説

バスレーンのカラー舗装

カラー舗装とは、主としてアスファルト混合物系の舗装に各種の色彩を附加したものという。これらを歩行者系舗装に展開する場合は、街並みや景観の創造のために用いられる。一方、車道関係では通学路、分岐点、合流部、交差点等をカラー化する事により、視認性、誘導性を高め安全で円滑な交通に寄与するために用いられる。

しかし、平成5年度からスタートした第11次道路整備5ヵ年計画では、3つの主要課題をとりあげ、それぞれに具体的な推進事業が計画されている。特に「生活者の豊かさを支える道路整備の推進」の中の「暮らしの利便性向上を図るための道路整備」の一環として行う「総合的な渋滞対策の推進」のうち舗装関係のアクションプログラムとして、バスの定時走行性の確保や違法駐車を厳しく規制するゾーンを指定する目的から、「バスレーンのカラー舗装」事業をとりあげている。

(社)日本道路建設業協会では、この事業を有効に推め

る舗装工法を整理し、表-1のように集約しているが、以下に各工法の概略を紹介する。

- 1) 改質アスファルトを用いた表層用アスファルト混合物（以下アスコン）にベンガラ等の顔料を5～7%混入して赤色を呈するようにした最もシンプルなカラー舗装工法である。顔料の添加量は、アスファルト量に比例させる措置をとり、その量を容積換算し、その分だけ石粉量を減らすのが一般的である。
- 2) 1)で、アスファルトのかわりに脱色バインダーを用いた混合物を用いる舗装工法のことであり、顔料の種類を変える事により色彩の選択が豊富である。
バリエーションとして、着色骨材を用いることもある。
- 3) 改質アスファルトを用いた細粒度アスコンに類似した母体アスコンに、着色骨材を転圧・圧入し、プラスト処理等を施して骨材の色合いを引出す工法である。
- 4) 排水性舗装用アスコンに顔料を入れて着色する

表-1 各種カラー舗装の工法とその特性：(社)日本道路建設業協会

注) A A : 極めて優れている
A : 優れている
B : 良好 (標準)
C : 不良

特性 工法	①耐久性			②利用者及び沿道環境への適合					③走行性	④安全性	⑤補修性等		⑥工費
	耐流動	耐摩耗	① 耐劣化性	識別性	美観	耐水 はね	低騒音	雨天・ 夜間の 視認性			補修性	再利用性	
ベンガラ入りアスファルト舗装	B	B	A	B	B ⁽²⁾	B	A	B	A	AA	A	B	中
顔料入り脱色バイインダー舗装	B	B	B	A	A	B	A	A	A	AA	B	B	中
カラーHotmixロールドアスファルト舗装	A	AA	A	AA	A	A	B	A	A	AA	A	B	中
カラー排水性舗装	A	A	A	A	A	AA	AA	AA	A	AA	B	B	高
着色したスラリーシール	B	C	A	B	B ⁽²⁾	B	A	B	A	A	B	C	低
着色骨材を用いた樹脂舗装(ニート法)	As上B Co上AA	C	As上B Co上A	AA	A	A	B	A	A	AA	A	C	中
カラー半たわみ性舗装	AA	AA	A	A	A	B	A	A	A	AA	B	B	中

(1) 褪色性も含む (2) 色の選択に制限有り

ものである。

バリエーションとして骨材に着色骨材を用いることもある。

- 5) 着色したスラリーシールを、表層アスコンの表面に塗って仕上げる工法のことである。カラーの種類は豊富であるが、薄層(3~5mm)で施工される例が多い。
- 6) 表層アスコン等の表面に熱硬化性樹脂を散布し、この上に着色骨材を散布・圧入しカラー化を図る工法のことである。
- 7) 開粒度タイプの母体アスコンの空げきに顔料を配合したカラーセメントミルクを注入しカラー化を図る工法である。

バリエーションとして母体アスコンの骨材に着色骨材を用いることもある。

さらに、これらの舗装工法を採択するにあたっては以下の留意点を指摘している。

①適用レーンの渋滞の頻度、停止、発進のくり返しの頻度等を考慮して、耐流動対策を考慮した配合(骨材粒度、改質アスファルト等)に心掛ける。特に表層用混合物のDSの目標値は3000回/mm以上することが望ましい。

②バスレーンの特殊な場所であるバス停留所やバス停留帯等の施設の舗装は特に耐流動対策として、①で述べた配合設計上の検討の他、適用層の範囲(表層のみではなく、表・基層両方に耐流動対策を配慮した工種にする)を検討することが望ましい。

③色彩の選定には、コンピューターグラフィックを利用したカラーデザインシステムを利用する方法もある。

④舗装工法に対応して、人口着色骨材等を配合する場合にはプラスチック処理等を行う場合もある。

[小島逸平 (株)ガイアートクマガイ技術研究所]

砂利道の歴青路面処理指針(59年版) 増刷

第3刷 B5版・64ページ・実費額500円(送料実費)

目 次

1. 総説	3. 路盤	5. 維持修繕
1-1 はじめに	3-1 概説	5-1 概説
1-2 歴青路面処理の対象となる道路の条件	3-2 在来砂利層の利用	5-2 維持修繕の手順
2. 構造設計	3-3 補強路盤の工法	5-3 巡回
2-1 概説	4. 表層	5-4 維持修繕工法
2-2 調査	4-1 概説	付録1. 総合評価別標準設計例一覧
2-3 設計の方法	4-2 浸透式工法	付録2. 材料の規格
2-4 設計例	4-3 常温混合式工法	付録3. 施工法の一例(D-2工法)
2-5 排水	4-4 加熱混合式工法	付録4. 材料の品質、出来形の確認

貯蔵安定性

アスファルト乳剤の貯蔵中における安定性が本来の意味であるが、最近では改質アスファルトの貯蔵中における安定性の意味でも使用される。

(1) 乳剤の場合、貯蔵しておくと、水中に分散しているアスファルトの微粒子が沈澱固化する傾向にある。このような沈澱固化が進むと、使用に耐えられなくなる。したがって乳剤としてはアスファルトの粒子が乳剤中に微細に分散し、沈澱の起こらない安定したものが望まれる。

試験は、まず図-1に示す貯蔵安定試験用シリンドラーに試料を採取し、これにゴムまたはコルクせんをして5日間室温に静置する。次に、取出口Aから試料約50gを取り、また同様に取出口Bから下に残った乳剤の試料約50gを採取する。各試料は、別々の測定容器にとり、それぞれの蒸発残留約(%)を求め、各試料の差を貯蔵安定度(%)とする。(JISK2208石油アスファルト乳剤に規定されている。)

(2) 最近、改質アスファルトについても貯蔵安定性が論議されるケースが多くなっている。特に、高粘度改質アスファルトについては、要求性能を満たすために、従来の改質II型に比べ、改質剤の添加量が多くなってきており、そのため、貯蔵中の改質剤とアスファルトの相分離が起きない安定した改質アスファルトが望まれる。

アスファルト中に、アスファルテンの分子量と同等かより高い分子量の改質剤を添加すると一般的に相は不安定になる傾向にある。すなわち、アスファルテンと改質剤がアスファルト中のマルテンの溶解力を奪い合うので、溶解力の限界と溶解量によっては、相分離が生じることがある。このような相分離を調べる方法

として、以下の貯蔵安定性試験がある。

試験は、細長いアルミ容器に改質アスファルトを入れ、ある期間加熱貯蔵した後、冷却し、上部と底部の針入度、軟化点の変化を調べる。

相溶性の良いアスファルトと相分離を起こしたアスファルトについて、加熱貯蔵後の上部と底部の軟化点変化を調べた結果を図-2に示す。

相溶性が改質アスファルトの貯蔵安定性に与える影響が示されている。相溶性の良いアスファルトは7日経過しても、上部と底部の軟化点の変化はないが、相溶性不良なアスファルトは7日後、上部と底部で大きな変化がある。

改質アスファルトの加熱貯蔵安定性の主要な要因としては、アスファルテンの量と分子量、マルテン中のアロマ分の量、改質剤の添加量、改質剤の分子量と構造、貯蔵温度等が考えられる。

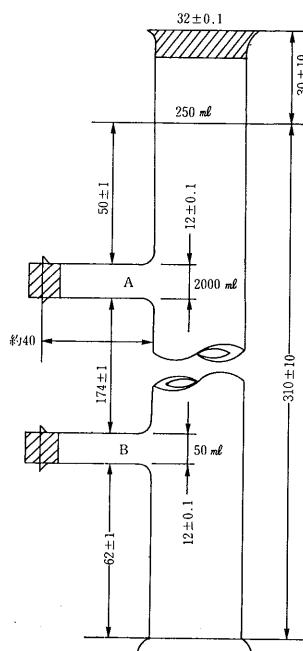
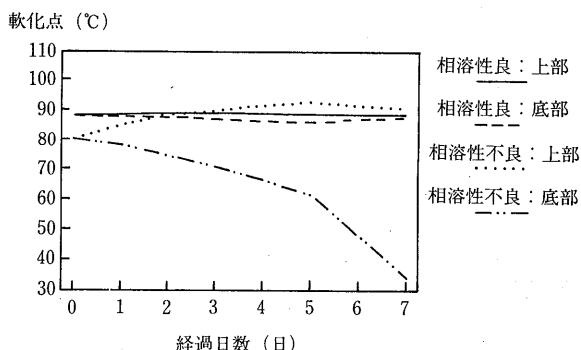


図-1 貯蔵安定度試験用シリンドラー (単位mm)



(貯蔵温度150℃、貯蔵日数7日間)

図-2 相溶性が改質アスファルトの貯蔵安定性に与える影響

参考文献

- 1) The Shell Bitumen Handbook
- 2) G.Van Gooswillgen and W.C. Vonk 「The note of bitumen in blends with thermoplastic rubbers for roofing applications」
- 3) 社内資料

<石油アスファルト需給統計資料> その1

石油アスファルト需給実績（総括表）

(単位:千t)

項目 年 度	供 給					需 要					
	期初在庫	生 産	対前年 度 比	輸 入	合 計	内 需	対前年 度 比	輸 出	小 計	期末在庫	合 計
56 年 度	240	4,598	(97.4)	0	4,838	4,563	(97.0)	19	4,582	226	4,808
57 年 度	226	4,624	(99.2)	0	4,850	4,575	(100.3)	18	4,593	213	4,806
58 年 度	213	4,947	(108.4)	0	5,160	4,921	(107.6)	4	4,925	226	5,151
59 年 度	226	5,235	(105.9)	0	5,461	5,221	(106.1)	0	5,221	240	5,461
60 年 度	240	5,029	(96.1)	0	5,269	5,035	(96.4)	0	5,035	215	5,250
61 年 度	215	5,744	(114.2)	0	5,959	5,695	(113.1)	0	5,696	235	5,931
62 年 度	235	5,892	(102.6)	9	6,136	5,862	(102.9)	0	5,862	274	6,136
63年度上期	274	2,754	(100.3)	3	3,031	2,734	(102.0)	1	2,735	287	3,022
63年度下期	287	3,150	(100.1)	0	3,437	3,219	(101.2)	0	3,219	219	3,438
63 年 度	274	5,904	(100.2)	3	6,181	5,953	(101.6)	1	5,954	219	6,173
元年度上期	219	2,895	(105.1)	1	3,115	2,732	(99.9)	1	2,733	372	3,105
元年度下期	372	3,170	(100.6)	0	3,542	3,258	(101.2)	3	3,261	276	3,537
元 年 度	219	6,066	(102.7)	1	6,286	5,990	(100.6)	4	5,994	276	6,270
2 年度上期	276	3,046	(105.2)	0	3,322	2,974	(108.9)	5	2,979	323	3,302
2 年度下期	321	3,231	(101.9)	1	3,553	3,231	(99.1)	3	3,234	310	3,544
2 年 度	276	6,277	(103.5)	1	6,554	6,205	(103.6)	8	6,213	310	6,523
3 年度上期	310	2,844	(93.4)	0	3,154	2,841	(95.5)	6	2,847	302	3,149
3 年度下期	302	3,129	(96.8)	0	3,430	3,103	(96.0)	12	3,115	313	3,428
3 年 度	310	5,973	(95.2)	0	6,282	5,944	(95.8)	18	5,962	313	6,275
4 年度上期	313	2,969	(104.4)	0	3,282	2,893	(101.8)	59	2,952	326	3,278
10~12月	326	1,649	(103.3)	1	1,976	1,664	(101.6)	13	1,677	298	1,975.
5. 1月	298	360	(90.9)	0	658	341	(93.2)	0	341	314	655
2 月	314	460	(99.4)	0	774	457	(99.1)	3	460	314	774
3 月	314	683	(101.5)	0	997	754	(119.7)	0	754	244	998
1 ~ 3 月	298	1,503	(98.1)	0	1,801	1,552	(106.5)	3	1,555	244	1,799
4 年度下期	326	3,152	(100.7)	1	3,479	3,216	(103.6)	16	3,232	244	3,476
4 年 度	313	6,121	(102.5)	1	6,435	6,109	(102.8)	75	6,184	244	6,428
5. 4 月	244	591	(113.0)	0	835	518	(102.6)	3	521	314	835
5 月	314	397	(86.3)	0	711	352	(81.9)	2	354	356	710
6 月	356	405	(85.6)	0	761	448	(92.2)	3	451	310	761
4 ~ 6 月	244	1,393	(95.7)	0	1,637	1,318	(92.8)	8	1,326	310	1,636
7 月	310	521	(105.5)	0	831	509	(98.5)	0	509	323	832
8 月	323	502	(97.3)	0	825	492	(111.3)	8	500	326	826
9 月	326	494	(98.2)	0	820	484	(94.5)	9	493	329	822
7 ~ 9 月	310	1,517	(100.3)	0	1,827	1,485	(101.0)	17	1,502	329	1,831
5 年度上期	244	2,910	(98.0)	0	3,154	2,803	(96.9)	25	2,828	329	3,157
10月	329	570	(113.5)	0	899	563	(112.8)	15	578	325	903
11月	325	556	(100.5)	0	881	559	(97.9)	12	571	312	883
12月	312	547	(92.1)	0	859	569	(95.8)	13	582	279	861
10~12月	329	1,673	(101.5)	0	2,002	1,691	(101.6)	40	1,731	279	2,010
6. 1月	279	410	(113.9)	0	689	359	(105.3)	20	379	312	691
2 月	312	465	(101.1)	0	777	441	(96.5)	12	453	325	778

[注] (1) 通産省エネルギー生産・需給統計月報 6年3月確報。

(2) 構成比は全輸入量に対する 100分比である。

(3) 四捨五入のため月報と一致しない場合がある。

<石油アスファルト需給統計資料> その2

石油アスファルト内需実績 (品種別明細)

(単位:千t)

項目 年 度	内 需 量					対 前 年 度 比				
	ストレート・アスファルト			燃焼用 アスフ アルト	合 計	ストレート・アスファルト			燃焼用 アスフ アルト	合 計
	道路用	工業用	計	道路用		道路用	工業用	計	道路用	
56年 度	4,082	202	4,284	4	275	4,563	96.4	110.4	97.0	—
57年 度	3,943	185	4,128	187	260	4,575	96.6	91.6	96.4	467.5
58年 度	3,951	177	4,128	540	253	4,921	100.2	95.7	100.0	288.8
59年 度	4,000	162	4,162	805	254	5,221	101.2	91.5	100.8	149.1
60年 度	3,739	139	3,878	911	246	5,035	93.5	85.8	93.2	113.2
61年 度	3,979	241	4,220	1,238	237	5,695	106.4	173.4	108.8	135.9
62年 度	4,252	360	4,612	995	255	5,862	106.9	149.4	109.3	80.4
63年度上期	1,987	166	2,153	464	117	2,734	101.9	169.4	105.2	89.2
63年度下期	2,319	255	2,574	504	141	3,219	100.7	98.1	100.4	106.1
63年 度	4,306	421	4,727	968	258	5,953	101.2	117.3	102.5	97.3
元年度上期	2,043	151	2,194	423	115	2,732	102.8	91.0	101.9	91.2
元年度下期	2,317	296	2,613	509	136	3,258	99.9	116.1	101.5	101.0
元 年 度	4,360	447	4,807	932	251	5,990	101.2	106.2	101.7	96.3
2 年 度上期	2,149	269	2,418	432	124	2,974	105.2	178.1	110.2	101.9
2 年 度下期	2,267	337	2,604	497	130	3,231	97.8	113.9	99.7	97.6
2 年 度	4,416	606	5,022	929	254	6,205	101.3	135.6	104.5	99.7
3 年 度上期	2,090	268	2,358	372	111	2,841	97.3	99.6	97.5	86.1
3 年 度下期	2,226	323	2,549	424	130	3,103	98.2	95.8	97.9	85.3
3 年 度	4,316	591	4,907	796	241	5,944	97.7	97.5	97.7	85.7
4 年 度上期	2,153	253	2,406	372	115	2,893	103.0	94.4	102.0	100.0
10~12月	1,257	145	1,402	196	66	1,664	103.8	98.0	103.2	93.3
5. 1月	213	54	267	55	19	341	95.5	100.0	96.4	78.6
2 月	320	66	386	51	20	457	101.6	126.9	105.2	70.8
3 月	615	50	665	67	22	754	130.3	74.6	123.4	94.4
1~3月	1,148	170	1,318	173	61	1,552	113.7	98.3	111.4	81.2
4 年 度下期	2,405	315	2,720	369	127	3,216	108.0	97.5	106.7	87.0
4 年 度	4,558	568	5,126	741	242	6,109	105.6	96.1	104.5	93.1
5. 4月	397	30	427	72	19	518	98.0	300.0	102.9	101.4
5 月	259	21	280	54	18	352	84.4	47.7	79.8	90.0
6 月	321	53	374	56	18	448	90.7	79.1	88.8	121.7
4~6月	977	104	1,081	182	55	1,318	91.7	86.0	91.1	102.8
7 月	367	56	423	67	19	509	93.4	140.0	97.7	104.7
8 月	326	61	387	88	17	492	101.6	169.4	108.4	129.4
9 月	352	43	395	67	22	484	94.4	78.2	92.3	106.3
7~9月	1,045	160	1,205	222	58	1,485	96.1	122.1	98.9	113.8
5 年 度上期	2,022	264	2,286	404	113	2,803	93.9	104.3	95.1	108.6
10月	405	72	477	64	22	563	101.3	313.0	112.8	118.5
11月	408	57	465	70	24	559	97.1	101.8	97.7	97.2
12月	412	55	467	82	20	569	94.3	83.3	92.8	117.1
10~12月	1,224	184	1,408	216	67	1,691	97.4	126.9	100.4	110.2
6. 1月	213	53	266	74	19	359	100.0	98.1	99.6	134.5
2 月	284	55	339	83	19	441	88.8	83.3	87.8	162.7
										95.0
										96.5

(注) (1) 通産省エネルギー生産・需給統計月報 6年2月確報

(2) 工業用ストレート・アスファルト、燃焼用アスファルト、ブローンアスファルトは日本アスファルト協会調べ。

(3) 道路用ストレート・アスファルト=内需量合計-(ブローンアスファルト+燃焼用アスファルト+工業用ストレート・アスファルト)

(4) 四捨五入のため月報と一致しない場合がある。

主な石油アスファルト製造用原油の輸入状況

(単位：1,000kl, %)

原油名	アラビアンヘビー		イラニアンヘビー		クウェート		カフジ		小計		総輸入量	
年度項目	数量	構成比	数量	構成比	数量	構成比	数量	構成比	数量	構成比	数量	構成比
55年	16,393	6.4	6,865	2.7	7,954	3.1	9,294	3.6	40,506	15.8	256,833	100.0
56年	16,131	7.0	4,764	2.1	9,060	3.9	6,035	2.6	35,990	15.6	230,239	100.0
57年	16,429	7.7	8,259	3.8	3,115	1.4	7,893	3.7	35,696	16.6	214,685	100.0
58年	15,061	10.3	13,238	9.0	3,375	2.3	9,892	6.8	41,566	28.4	146,543	100.0
59年	11,761	7.8	8,866	5.2	2,728	1.8	10,210	6.8	32,465	21.6	150,606	100.0
60年	10,454	5.3	6,273	3.1	2,578	1.3	9,698	4.9	29,003	14.6	198,330	100.0
61年	7,174	3.7	7,506	3.9	5,979	3.1	8,482	4.4	29,141	15.0	194,515	100.0
62年	12,925	7.0	7,789	4.2	10,311	5.6	6,267	3.4	37,293	20.1	185,364	100.0
63年	9,130	4.7	6,095	3.1	8,124	4.2	6,374	3.3	29,723	15.3	193,850	100.0
元年	4,500	2.1	8,991	4.3	9,671	4.6	8,910	4.2	32,072	15.3	209,700	100.0
2年	6,378	2.8	8,921	3.9	7,492	3.3	7,386	3.2	30,177	13.2	228,760	100.0
3年	11,219	4.6	8,548	3.5	796	0.3	3,839	1.6	24,402	10.1	242,697	100.0
4年	7,124	2.8	9,127	3.6	8,568	3.4	7,168	2.9	31,987	12.7	251,233	100.0
5年	7,543	3.0	10,554	4.1	10,816	4.2	7,497	2.9	36,410	14.3	255,135	100.0
55年度	16,250	6.5	2,865	1.1	8,865	3.5	8,449	3.4	36,404	14.6	249,200	100.0
56年度	17,571	7.6	7,329	3.2	7,451	3.2	5,685	2.5	38,036	16.5	230,231	100.0
57年度	14,888	7.2	8,849	4.3	1,865	0.9	8,126	3.9	33,728	16.3	207,395	100.0
58年度	15,071	7.1	13,057	6.1	3,498	1.6	11,378	5.3	43,004	20.2	212,844	100.0
59年度	13,447	6.3	6,422	3.0	5,130	2.4	10,385	4.9	35,384	16.6	212,911	100.0
60年度	6,790	3.4	6,232	3.2	3,330	1.7	8,409	4.3	24,761	12.6	197,261	100.0
61年度	6,422	3.4	7,636	4.1	5,990	3.2	8,952	4.8	29,000	15.5	187,516	100.0
62年度	13,793	7.3	7,311	3.9	11,758	6.3	4,577	2.4	37,439	19.9	187,886	100.0
63年度	7,619	3.8	6,406	3.2	7,126	3.6	8,259	4.1	29,410	14.7	199,756	100.0
元年度	4,736	2.2	9,143	4.3	10,318	4.9	7,966	3.8	32,163	15.3	210,900	100.0
2年度	8,209	3.4	9,787	4.1	4,522	1.9	6,417	2.7	28,935	12.1	238,480	100.0
3年度	10,877	4.6	8,756	3.7	2,095	0.9	5,033	2.1	26,761	11.2	238,646	100.0
4年度	6,534	2.6	8,411	3.3	10,004	3.9	7,551	3.0	32,500	12.7	255,667	100.0
5年度	7,715	3.0	11,740	4.6	10,930	4.3	7,116	2.8	37,501	14.6	256,444	100.0
5年1月	742	3.0	1,062	4.2	852	3.4	790	3.2	3,446	13.8	25,055	100.0
2月	408	1.9	347	1.6	1,136	5.4	697	3.3	2,588	12.3	21,122	100.0
3月	603	2.6	855	3.8	747	3.3	747	3.3	2,952	13.0	22,764	100.0
1～3月	1,753	2.5	2,264	3.3	2,735	4.0	2,234	3.2	8,986	13.0	68,941	100.0
4月	521	2.4	709	3.3	964	4.5	357	1.7	2,551	12.0	21,311	100.0
5月	636	3.3	656	3.4	915	4.8	561	2.9	2,768	14.5	19,091	100.0
6月	493	2.5	905	4.7	517	2.7	442	2.3	2,357	12.1	19,411	100.0
4～6月	1,650	2.8	2,270	3.8	2,396	4.0	1,360	2.3	7,676	12.8	59,813	100.0
7月	1,014	4.8	693	3.3	847	4.0	383	1.8	2,937	13.8	21,213	100.0
8月	950	4.6	1,130	5.5	747	3.6	869	4.2	3,696	18.0	20,530	100.0
9月	525	2.4	1,298	6.0	1,289	6.0	702	3.3	3,814	17.8	21,456	100.0
7～9月	2,489	3.9	3,121	4.9	2,883	4.6	1,954	3.1	10,447	16.5	63,199	100.0
10月	599	3.0	943	4.7	701	3.5	423	2.1	2,666	13.3	20,119	100.0
11月	353	1.7	931	4.4	892	4.2	889	4.2	3,065	14.4	21,221	100.0
12月	699	3.2	1,025	4.7	1,209	5.5	637	2.9	3,570	16.3	21,842	100.0
10～12月	1,651	2.6	2,899	4.6	2,802	4.4	1,949	3.1	9,301	14.7	63,182	100.0
6年1月	636	2.6	1,494	6.1	1,103	4.6	497	2.1	3,730	15.5	24,117	100.0
2月	581	2.6	852	3.8	935	4.2	673	3.0	3,041	13.6	22,403	100.0
3月	708	3.0	1,104	4.7	811	3.4	683	2.9	3,306	13.9	23,730	100.0
1～3月	1,925	2.7	3,450	4.9	2,849	4.1	1,853	2.6	10,077	14.3	70,250	100.0

〔注〕(1) 通産省エネルギー生産・需給統計月報 6年2月確報

(2) 四捨五入のため月報と一致しない場合がある。

改質アスファルトを用いた混合物の設計・施工の手引き

B5版・37ページ・実費頒価 ¥500(送料実費)

申込先(社)日本アスファルト協会

〒105 東京都港区虎ノ門2-6-7

和孝第10ビル

改質アスファルトは、アスファルト舗装の耐久性向上を目的として、舗装用石油アスファルトの性質を改善したアスファルトで、改質方法によってその性能も多様です。したがって、これを十分に理解したうえで利用しなければ、その機能を十分に発揮させられないところがあります。

そこで、(株)日本アスファルト協会では、改質アスファルトを使用する場合の適用場所の選定をはじめ、混合物の製造および施工についての手引きをとりまとめました。

この手引きは、わが国における現今の中質アスファルトに関する標準的な技術を示したもので関係者必読の書としておすすめします。

目 次

1. 総 説	5.3 最適アスファルト量の決定
1.1 概 説	5.4 流動対策
1.2 本手引きの適用にあたっての注意	5.5 摩耗対策
2. 改質アスファルト	5.6 すべり対策
2.1 分 類	5.7 その他
2.2 特 徴	6. 混合物の製造・運搬
2.3 品質規格	6.1 概 説
3. アスファルト混合物の破損と対策	6.2 改質アスファルトおよび改質材料の準備
3.1 概 説	6.3 混合物の製造の準備
3.2 流 動	6.4 混合物の製造・貯蔵・運搬
3.3 摩 耗	7. 混合物の舗設
3.4 すべり	7.1 概 説
3.5 その他	7.2 舗設準備
4. 改質アスファルトの適用	7.3 ブライムコートおよびタックコート
4.1 一般地域における適用	7.4 舗設温度
4.2 積雪寒冷地域における適用	7.5 敷きならし
4.3 特殊箇所における適用	7.6 締固め
5. 配合設計	7.7 継 目
5.1 概 設	7.8 寒冷期の施工
5.2 配合設計における確認試験	8. 管理と検査

石油アスファルト統計月報

B5版・16ページ・実費額価 ￥500 (送料実費) 毎月30日発行

申込先(社) 日本アスファルト協会
〒105 東京都港区虎ノ門2-6-7
和孝第10ビル

石油アスファルトの用途は、道路用を始めとして建築防水用、分解用原料等の工業用、燃焼用と多岐に渡っております。

したがって本書は石油アスファルトに関する統計について出来るだけ細かく集計した日本で唯一の石油アスファルトに関する統計資料です。

目 次

- 石油アスファルト需給実績
- 石油アスファルト品種別月別生産量・輸入量
- 石油アスファルト品種別月別内需量・輸出量
- 石油アスファルト品種別月別在庫量
- 石油アスファルト品種別荷姿別月別販売量
- 石油アスファルト品種別針入度別月別販売量
- 石油アスファルト地域別月別販売量
- 石油アスファルト品種別通産局別月別販売量
- 石油関係諸元表

アスファルト統計史 B5版・187ページ

アスファルト統計史(昭和62年度～平成3年度) B5版・55ページ

実費頒価

「アスファルト統計史」+「アスファルト統計史(昭和62年度～平成3年度)」¥3,000(送料実費)
「アスファルト統計史(昭和62年度～平成3年度)」のみ ¥500(送料実費)

申込先 (社)日本アスファルト協会

〒105 東京都港区虎ノ門2-6-7

和孝第10ビル

我が国において、アスファルトが利用されてきたのは紀元前にまでさかのぼることが出来ます。

当時の利用目的は、防水・接着剤等に用いられていたようですが、今日では、道路用を始めとして工業用・燃焼用と色々な用途に用いられるようになり、需要量も増大してまいりました。

当協会の調査委員会において、我が国のアスファルト統計について資料の収集・整理に努めて参り、「アスファルト統計史」を30周年記念として昭和62年12月に出版し、「アスファルト統計史(昭和62年度～平成3年度)」を平成4年12月に出版いたしました。

アスファルトに関する統計としては、我が国唯一の資料であり、内容的にもきめ細かく取りまとめられており、関係者必携の書としておすすめします。

目 次

I. 生産量

1. アスファルト年別生産量

2. アスファルト品種別月別生産量

3. 石油アスファルト月別生産量

4. 石油アスファルト品種別月別生産量

III. 輸出入

1. アスファルト年別輸入・輸出量

2. アスファルト月別輸入・輸出量

IV. 在庫量

1. 石油アスファルト年別在庫量

2. 石油アスファルト月別在庫量

3. 石油アスファルト品種別月別在庫量

II. 内需量(販売)

1. アスファルト販売量

2. アスファルト品種別月別販売量

3. 石油アスファルト月別内需量

4. 石油アスファルト品種別月別内需量

V. 販売量

1. 石油アスファルト品種別針入度販売量

2. 石油アスファルト品種別荷姿別販売量

3. 石油アスファルト地域別月別販売量

社団法人 日本アスファルト協会会員

(五十音順)

社 名	住 所	電 話
(メーカー)		
出光興産株式会社	(100) 千代田区丸の内3-1-1	03 (3213) 3134
エッソ石油株式会社	(107) 港区赤坂5-3-3	03 (3585) 9438
鹿島石油株式会社	(102) 千代田区紀尾井町3-6	03 (5276) 9556
キグナス石油株式会社	(104) 中央区京橋2-9-2	03 (3535) 7811
キグナス石油精製株式会社	(210) 川崎市川崎区浮島町3-1	044 (288) 8445
九州石油株式会社	(100) 千代田区内幸町2-1-1	03 (5512) 8606
極東石油工業株式会社	(100) 千代田区大手町1-7-2	03 (3270) 0841
興亜石油株式会社	(100) 千代田区大手町2-6-2	03 (3241) 8631
コスモ石油株式会社	(105) 港区芝浦1-1-1	03 (3798) 3121
三共油化工業株式会社	(105) 港区新橋1-7-11	03 (5568) 6411
株式会社 ジャパンエナジー	(105) 港区虎ノ門2-10-1	03 (5573) 6000
昭和シェル石油株式会社	(100) 千代田区霞が関3-2-5	03 (3503) 4076
昭和四日市石油株式会社	(510) 四日市市塩浜町1	0593 (45) 2111
西部石油株式会社	(100) 千代田区丸の内1-2-1	03 (3215) 3081
ゼネラル石油株式会社	(105) 港区西新橋2-8-6	03 (3595) 8410
東燃株式会社	(100) 千代田区一ツ橋1-1-1	03 (3286) 5111
東北石油株式会社	(985) 仙台市宮城野区港5-1-1	022 (363) 1122
日本石油株式会社	(105) 港区西新橋1-3-12	03 (3502) 1111
日本石油精製株式会社	(105) 港区西新橋1-3-12	03 (3502) 1111
富士興産株式会社	(100) 千代田区永田町2-4-3	03 (3580) 3571
富士石油株式会社	(100) 千代田区大手町1-2-3	03 (3211) 6531
三井石油株式会社	(100) 千代田区霞が関3-3-2	03 (5512) 3605
三菱石油株式会社	(105) 港区虎ノ門1-2-4	03 (3595) 7413
モービル石油株式会社	(100) 千代田区大手町1-7-2	03 (3244) 4691

(ディーラー)**● 北海道**

コスモアスファルト(株)札幌支店	(060) 札幌市中央区大通り西10-4	011 (281) 3906 コスモ
株式会社 トーアス札幌販売支店	(060) 札幌市中央区北2条西2	011 (281) 2361 JOMO
東光商事株式会社札幌営業所	(060) 札幌市中央区南大通り西7-2	011 (241) 1561 三石
中西瀝青株式会社札幌営業所	(060) 札幌市中央区北2条西2	011 (231) 2895 日石
株式会社 南部商会札幌営業所	(060) 札幌市中央区北2条西2-15	011 (231) 7587 日石
株式会社 口一ド資材	(060) 札幌市中央区北1条西10-1-11	011 (281) 3976 コスモ

社団法人 日本アスファルト協会会員

社 名	住 所	電 話
● 東 北		
株式会社 男鹿興業社	(010-05) 男鹿市船川港船川字埋立地1-18-2	0185 (23) 3293 JOMO
カメイ株式会社	(980) 仙台市青葉区国分町3-1-18	022 (264) 6111 石
コスモアスファルト㈱仙台支店	(980) 仙台市青葉区中央3-3-3	022 (266) 1101 コスモ
正興産業株式会社 仙台営業所	(980) 仙台市青葉区国分町3-3-5	022 (263) 5951 三 石
竹中産業株式会社 新潟営業所	(950) 新潟市東大通1-4-2	025 (246) 2770 昭和シェル
株式会社 トーアス仙台販売支店	(980) 仙台市青葉区大町1-1-10	022 (262) 7561 JOMO
常盤商事株式会社 仙台支店	(980) 仙台市青葉区錦町1-10-11	022 (224) 1151 三 石
中西瀝青株式会社 仙台営業所	(980) 仙台市青葉区中央2-1-30	022 (223) 4866 日 石
株式会社 南部商会仙台営業所	(980) 仙台市青葉区中央2-1-17	022 (223) 1011 日 石
ミヤセキ株式会社	(980) 仙台市宮城野区榴岡2-3-12	022 (257) 1231 三 石
菱油販売株式会社 仙台支店	(980) 仙台市青葉区国分町3-1-1	022 (225) 1491 三 石
● 関 東		
朝日産業株式会社	(103) 中央区日本橋茅場町2-7-9	03 (3669) 7878 コスモ
アスファルト産業株式会社	(104) 中央区八丁堀4-11-2	03 (3553) 3001 昭和シェル
伊藤忠商事株式会社	(107) 港区北青山2-5-1	03 (3497) 6548 九 石
伊藤忠燃料株式会社	(107) 港区赤坂2-17-22	03 (3584) 8521 JOMO
梅本石油株式会社	(162) 新宿区揚場町2-24	03 (3269) 7541 コスモ
エムシー・アスファルト株式会社	(100) 千代田区内幸町1-3-3	03 (5251) 2060 三 石
株式会社 木 畑 商 会	(104) 中央区八丁堀4-2-2	03 (3552) 3191 JOMO
共立石油株式会社	(107) 港区元赤坂1-7-8	03 (3796) 6640 JOMO
株式会社 ケイエム商運	(103) 中央区八重洲1-8-5	03 (3245) 1631 三 石
コスモアスファルト株式会社	(104) 中央区八丁堀3-3-5	03 (3551) 8011 コスモ
国光商事株式会社	(164) 中野区東中野1-7-1	03 (3363) 8231 出 光
株式会社 澤田商行関東支店	(104) 中央区入船町1-7-2	03 (3551) 7131 コスモ
三徳商事株式会社 東京支店	(101) 千代田区神田紺屋町11	03 (3254) 9291 昭和シェル
新日本商事株式会社	(101) 千代田区神田錦町2-5	03 (3294) 3961 昭和シェル
住商石油アスファルト株式会社	(105) 港区浜松町2-3-31	03 (3578) 9521 出 光
竹中産業株式会社	(101) 千代田区鍛冶町1-5-5	03 (3251) 0185 昭和シェル
中央石油株式会社	(160) 新宿区新宿2-6-5	03 (3356) 8061 モービル
株式会社 ト 一 ア ス	(160) 新宿区西新宿2-7-1	03 (3342) 6391 JOMO
東京レキセイ株式会社	(150) 渋谷区恵比寿西1-9-12	03 (3496) 8691 富士興
東京富士興産販売株式会社	(100) 千代田区永田町2-4-2	03 (3591) 3401 富士興
東光商事株式会社	(104) 中央区京橋2-1-4	03 (3274) 2751 三 石
東新瀝青株式会社	(103) 中央区日本橋2-13-10	03 (3273) 3551 日 石
株式会社 ト 一 メ ン	(107) 港区赤坂2-14-27	03 (3588) 7955 昭和シェル
東洋国際石油株式会社	(104) 中央区八丁堀3-3-5	03 (3552) 8151 コスモ
東和産業株式会社	(174) 板橋区坂下3-29-11	03 (3968) 3101 三共油化
中西瀝青株式会社	(103) 中央区八重洲1-2-1	03 (3272) 3471 日 石
株式会社 南 部 商 会	(100) 千代田区丸の内3-4-2	03 (3213) 5871 日 石
日石丸紅株式会社	(105) 港区西新橋2-4-2	03 (5251) 0777 日 石
日東商事株式会社	(170) 豊島区巣鴨4-22-23	03 (3915) 7151 昭和シェル
日東石油株式会社	(104) 中央区八丁堀1-11-3	03 (3551) 6101 昭和シェル
パシフィック石油商事株式会社	(103) 中央区日本橋蛎殻町1-17-2	03 (3661) 4951 モービル

社団法人 日本アスファルト協会会員

社名	住所	電話
富士興産アスファルト株式会社	(100) 千代田区永田町2-4-2	03 (3580) 5211富士興
富士鉱油株式会社	(105) 港区新橋4-26-5	03 (3432) 2891コスモ
富士油業株式会社東京支店	(106) 港区西麻布1-8-7	03 (3478) 3501富士興
丸紅エネルギー株式会社	(101) 千代田区神田駿河台2-2	03 (3293) 4171モービル
エニ石油株式会社	(107) 港区元赤坂1-7-8	03 (3796) 6616昭和シェル
菱東商事株式会社	(101) 千代田区神田和泉町1-13-1	03 (5687) 1281三石
菱油販売株式会社	(160) 新宿区西新宿1-20-2	03 (3345) 8205三石
瀧青販売株式会社	(103) 中央区日本橋2-16-3	03 (3271) 7691出光
● 中 部		
コスモアスファルト(株)名古屋支店	(460) 名古屋市中区錦2-14-21	052 (223) 0711コスモ
株式会社 澤田商行	(454) 名古屋市中川区富川町1-1	052 (353) 5111コスモ
三徳商事株式会社静岡支店	(420) 静岡市伝馬町5-3	054 (255) 2588昭和シェル
三徳商事株式会社 名古屋支店	(453) 名古屋市中村区則武1-10-6	052 (452) 2781昭和シェル
株式会社 三油商會	(460) 名古屋市中区丸の内2-1-5	052 (231) 7721コスモ
静岡鉱油株式会社	(424) 清水市袖師町1575	0543 (66) 1195モービル
新東亜交易株式会社名古屋支社	(450) 名古屋市中村区名駅3-28-12	052 (561) 3514富士興
竹中産業株式会社 福井営業所	(910) 福井市大手2-4-26	0766 (22) 1565昭和シェル
株式会社 田中石油店	(910) 福井市毛矢2-9-1	0776 (35) 1721昭和シェル
株式会社トーアス名古屋営業所	(450) 名古屋市中村区名駅4-2-12	052 (581) 3585JOMO
富安産業株式会社	(939) 富山市若竹町2-121	0764 (29) 2298昭和シェル
中西瀧青株式会社名古屋営業所	(462) 名古屋市中区錦町1-20-6	052 (211) 5011日石
松村物産株式会社	(920) 金沢市広岡2-1-27	0762 (21) 6121三石
丸福石油産業株式会社	(933) 高岡市美幸町2-1-28	0766 (22) 2860昭和シェル
三谷商事株式会社	(910) 福井市豊島1-3-1	0776 (20) 3134モービル
● 近畿		
赤馬アスファルト工業株式会社	(531) 大阪市北区中津3-10-4	06 (374) 2271モービル
飯野産業株式会社 神戸営業所	(650) 神戸市中央区海岸通り8	078 (333) 2810JOMO
大阪アスファルト株式会社	(531) 大阪市北区中津1-11-11	06 (372) 0031出光
木曾通産株式会社大阪支店	(530) 大阪市北区西天満3-4-5	06 (364) 7212コスモ
共和産業株式会社	(700) 岡山市富田町2-10-4	0862 (33) 1500JOMO
コスモアスファルト(株)大阪支店	(550) 大阪市西区西本町2-5-28	06 (538) 2731コスモ
コスモアスファルト(株)広島支店	(730) 広島市田中町5-9	0822 (44) 6262コスモ
三徳商事株式会社	(532) 大阪市淀川区新高4-1-3	06 (394) 1551昭和シェル
昭和瀧青工業株式会社	(670) 姫路市北条口4-26	0792 (26) 2611JOMO
信和興業株式会社	(700) 岡山市西古松363-4	0862 (41) 3691三石
スーパーストロングインターナショナル(株)	(532) 大阪市淀川区西中島2-11-30	06 (303) 5510昭和シェル
正興産業株式会社	(650) 神戸市中央区海岸通り6	078 (322) 3301三石
中国富士アスファルト株式会社	(711) 倉敷市児島味野浜の宮4051-12	0864 (73) 0350富士興
千代田瀧青株式会社	(530) 大阪市北区東天満2-10-17	06 (358) 5531三石
株式会社ナカムラ	(670) 姫路市国府寺町72	0792 (85) 2551JOMO
中西瀧青株式会社 大阪営業所	(530) 大阪市北区西天満3-11-17	06 (316) 0312日石
ド一口商事株式会社	(542) 大阪市中央区東心斎橋筋1-3-11	06 (252) 5856富士興
富士アスファルト販売株式会社	(550) 大阪市西区京町堀2-3-19	06 (441) 5195富士興
富士商株式会社	(756) 小野田市稻荷町6539	0836 (83) 3210昭和シェル

社団法人 日本アスファルト協会会員

社 名	住 所	電 話
平和石油株式会社	(530) 大阪市北区中之島3-6-32	06 (443) 2771 昭和シェル
株式会社松宮物産	(522) 彦根市幸町32	0749 (23) 1608 昭和シェル
丸和鉱油株式会社	(532) 大阪市淀川区塚本2-14-17	06 (301) 8073 コスモ
横田瀝青興業株式会社	(672) 姫路市飾磨区南細江995	0792 (33) 0555 JOMO
株式会社菱芳礦産	(671-11) 姫路市広畠区西夢前台7-140	0792 (39) 1344 JOMO
● 四国・九州		
伊藤忠燃料株式会社 九州支社	(812) 福岡市博多区博多駅前3-2-8	092 (471) 3851 JOMO
今別府産業株式会社	(890) 鹿児島市新栄町15-7	0992 (56) 4111 JOMO
大分九石販売株式会社	(870) 大分市中央町1-1-3	0975 (34) 0468 九石
株式会社カーナダ	(892) 鹿児島市住吉町1-3	0992 (24) 5111 昭和シェル
株式会社九菱	(805) 北九州市八幡東区山王1-17-11	093 (661) 4868 三石
コスモアスファルト(株)九州支店	(810) 福岡市中央区大名2-4-30	092 (771) 7436 コスモ
サンヨウウ株式会社	(815) 福岡市南区玉川町4-30	092 (541) 7615 富士興
三協商事株式会社	(770) 徳島市万代町5-8	0886 (53) 5131 富士興
株式会社トーアス高松営業所	(760) 高松市亀井町8-11	0878 (37) 1645 JOMO
中西瀝青株式会社 福岡営業所	(810) 福岡市中央区天神4-1-18	092 (771) 6881 日石
株式会社南部商会福岡営業所	(810) 福岡市中央区天神3-4-8	092 (721) 4838 日石
西岡商事株式会社	(764) 仲多度郡多度津町家中3-1	0877 (33) 1001 三石
畑砾油株式会社	(804) 北九州市戸畠区牧山新町1-40	093 (871) 3625 コスモ
平和石油株式会社高松支店	(760) 高松市番町5-6-26	0878 (31) 7255 昭和シェル
丸菱株式会社	(812) 福岡市博多区博多駅前4-3-22	092 (431) 7561 昭和シェル

編集顧問

多田宏行
藤井治芳
松野三朗

編集委員

委員長：河野 宏	副委員長：真柴和昌
青木秀樹	菅野善朗
阿部忠行	栗谷川裕造
荒井孝雄	小島逸平
安崎 裕	佐々木政彦
	野村敏明 長谷川宏
	七五三野莎 姫野賢治 室賀五郎

アスファルト 第180号

平成6年8月発行

社団法人 日本アスファルト協会

〒105 東京都港区虎ノ門2-6-7 TEL 03-3502-3956

本誌広告一手取扱 株式会社 廣業社

〒104 東京都中央区銀座8-2-9 TEL 03-3571-0997(代)

印刷所 アサヒビジネス株式会社

〒107 東京都港区赤坂1-9-13 TEL 03-5563-0123(代)

ASPHALT

Vol.37 No.180 AUGUST 1994

Published by THE JAPAN ASPHALT ASSOCIATION